

**PENGELOLAAN EMISI DEBU UREA
MENUJU PRODUKSI BERSIH
(Studi Kasus di PT. Pupuk Kaltim Tbk. Bontang)**



Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan

**Suhardi Rachman
L4K005021**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2006**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGELOLAAN EMISI DEBU UREA
MENUJU PRODUKSI BERSIH
(Studi Kasus di PT. Pupuk Kaltim Tbk. Bontang)

Disusun Oleh :

Suhardi Rachman
L4K005021

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 18 Desember 2006
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

DR. Ir. Purwanto, DEA

Tanda Tangan

.....

Anggota

1. Prof. DR. Sudharto P. Hadi, MES
2. Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng
3. Ir. Syafrudin, CES, MT

.....

.....

.....

Mengetahui,
Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

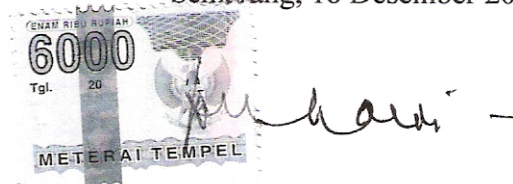
PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan dan perundangan yang berlaku.

Semarang, 18 Desember 2006



Ir. Suhardi Rachman.



BIODATA

1. Nama : Suhardi Rachman.
2. Tempat/Tanggal lahir : Semarang, 22 Maret 1949.
3. Status Keluarga : Istri + 4 orang anak.
4. Agama : Islam.
5. Alamat : Jl. Bungur no. 1, PC-6 , Kompleks Perumahan PT. Pupuk Kaltim
Bontang-75313.
6. Pekerjaan : PT. Pupuk Kaltim.
7. Riwayat Pendidikan :
 - SD Jangli I Semarang, Lulus tahun 1961.
 - SMP Negeri V Semarang, Lulus tahun 1964.
 - SMA Negeri V Semarang, Lulus tahun 1967.
 - UNDIP, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Semarang, Lulus tahun 1975.
8. Riwayat Pekerjaan :
 - Tahun 1975 – 2004 : PT. Pupuk Sriwijaya, Palembang.
 - Tahun 1987 – 1992 : Penugasan ke PT. ABF (Asean Bintulu Fertilizer) Serawak, Malaysia.
 - Tahun 2004 – sekarang : PT. Pupuk Kaltim, Bontang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tesis ini dapat disusun yang merupakan salah satu persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana S-2 pada Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana UNDIP Semarang.

Tesis ini mengambil judul “Pengelolaan Emisi Debu Urea Menuju Produksi Bersih” dengan Studi Kasus di PT. Pupuk Kaltim Tbk. Bontang. Tesis ini, selain untuk memenuhi persyaratan, diharapkan juga dapat memberikan manfaat, dalam hal

- a). Dapat digunakan untuk mengoptimalisasi peralatan proses produksi sehingga emisi debu urea dapat di minimalkan.**
- b). Untuk menentukan skala prioritas pada pabrik-pabrik mana yang perlu didahulukan untuk dilakukan penambahan instalasi peralatan pengolah limbah debu urea setelah dilakukan optimalisasi.
- c). Dipakai sebagai acuan untuk merencanakan beberapa alternatif perencanaan peralatan pengolah hasil emisi limbah debu urea yang sesuai, sehingga Perusahaan dapat melakukan tindakan yang strategis untuk mengelola emisi debu urea tersebut sesuai kebutuhan.
- d). Manfaat secara umum adalah :
 - Meningkatkan kualitas emisi dan paparan limbah debu urea menjadi lebih baik.
 - Memberikan nilai tambah bagi perusahaan jika emisi debu urea tersebut dapat didaur ulang.
 - Memberikan citra yang baik bagi perusahaan dengan melaksanakan produksi bersih.

Selama ini, debu urea ini secara khusus memang belum pernah dievaluasi kinerjanya, tetapi hanya dipantau dan dikelola sebatas dibawah Baku Mutu Udara (BMU) saja, maka dengan penelitian ini diharapkan pengelolaannya dikembangkan agar dapat meningkatkan kualitas lingkungan serta memberikan nilai tambah bagi Perusahaan karena juga dilakukan penelitian valuasi ekonomi.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan proposal tesis ini, antara lain kepada :

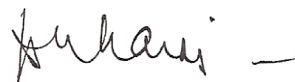
Rektor Universitas Diponegoro Semarang.

1. Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
3. Dosen Pembimbing Universitas Diponegoro Semarang.
4. Dosen MIL Universitas Diponegoro Semarang dan segenap jajaran administrasinya
5. Direksi PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
6. Kepala Kompartemen SDM PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
7. Kepala Kompartemen Operasi PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
8. Koordinator ITK PT Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
9. Ketua Korps Karyawan PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk
10. Kepala Biro Istek PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
11. Kepala Biro Teknologi PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
12. Kepala Biro K3LH PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
13. Teman-teman Mahasiswa MIL kelas Bontang.
14. Istri dan anak - anak tercinta yang telah memberikan dukungan penuh.
15. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya tesis ini.

Semoga tulisan ini bermanfaat, dan mohon dimaklumi atas segala kekurangan yang ada.

Bontang, 18 Desember 2006

Penulis



Suhardi Rachman

NIM : L4K005021

DAFTAR ISI

Hal

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	
ii	
KATA PENGANTAR	
iii	
DAFTAR ISI	
vi	
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
GLOSSARY	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Deskripsi Proses Pembuatan Urea	4
2.2. Emisi Debu Urea	8
2.2.1. Pengertian Debu Urea	8
2.2.2. Sumber terjadinya debu urea	8
2.2.3. Karakteristik emisi debu urea	11
2.3. Pengolahan Limbah Urea	14
2.4. Menerapkan sistim pengelolaan Produksi Bersih	

2.5. Program Peringkat Nasional (PROPER)	21
2.6. Tinjauan Keekonomian.....	23
2.7. Tinjauan Manajemen Lingkungan.....	24
2.8. Originalitas Penelitian	25
2.9. Rumusan Hipotesa	26
III. METODA PENELITIAN	27
3.1. Menyusun rancangan penelitian	27
3.2. Ruang Lingkup Penelitian	30
3.3. Lokasi Penelitian	31
3.4. Variabel Penelitian	31
3.5. Jenis dan Sumber Data	31
3.6. Peralatan Penelitian	32
3.7. Teknik Pengambilan Sampel	32
3.8. Teknik Pengumpulan Data	33
3.9. Teknik Analisa Data	33
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Identifikasi beban emisi debu urea di unit <i>Prilling Tower</i> dan <i>Granulator</i> ...	34
4.1.1. Identifikasi emisi debu urea data sekunder tahun 2004-2005.....	34
4.1.2. Identifikasi emisi debu urea dari data primer.....	38
4.1.3. Membandingkan akurasi antara data sekunder dan primer	40

4.1.4.	Identifikasi data primer yang digunakan untuk kalkulasi paparan dan uji kualitas.	41
4.1.5.	Kalkulasi paparan debu urea dari data primer emisi debu urea....	47
4.2.	Uji mutu emisi debu urea terhadap Baku Mutu dan peringkat PROPER....	55
4.3.	Analisis akibat emisi debu dari aspek ekonomi	57
4.3.1.	Aspek tambahan biaya preventif terhadap dampak paparan debu urea	57
4.3.2.	Aspek berkurangnya nilai tambah karena debu urea bisa di pungut ulang (<i>recovery/reclaim</i>).....	59
4.4.	Analisis kelayakan tambahan peralatan Urea Dust Scrubber, dari aspek Teknologi, Ekonomi dan Lingkungan	60
4.4.1.	Mekanisme kerja dari sistem UDRS	61
4.4.2.	Kajian <i>Cost and Benefit</i>	62
4.5.	Pembahasan hasil penelitian	65
4.5.1.	Penentuan data emisi debu urea untuk evaluasi, antara data sekunder atau data primer	66
4.5.2.	Kajian paparan debu urea ke lingkungan	66
4.5.3.	Uji kualitas emisi debu urea pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4, dengan menggunakan program peringkat PROPER	69
4.5.4.	Kajian ekonomi lingkungan dan <i>Cost and Benefit</i> serta alternatif	

	pemilihan proses <i>Urea Dust Recovery System</i>	
70		
V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....		72
5.1. Kesimpulan		
72		
5.2. Rekomendasi.....		74
VI. DAFTAR PUSTAKA		
75		

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel-2.1 : Rekapitulasi hasil analisa Stack Debu Urea K-1/2/3/4 & POPKA	12
Tabel-4.1 : Data emisi debu urea prill Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3.....	
35	
Tabel-4.2 : Data emisi debu urea granul Pabrik POPKA dan Kaltim-4.....	36
Tabel-4.3 : Rangkuman statistik data sekunder tahun 2004-2005.....	37
Tabel-4.4 : Hubungan antara nomor sampel dan tanggal pengambilan.....	38
Tabel-4.5 : Hubungan antara nomor sampel dan hasil sampling emisi debu urea....	39
Tabel-4.6 : Rangkuman statistik data primer September-Oktober 2005.....	39
Tabel-4.7 : Perbandingan antara hasil identifikasi data sekunder dan data primer...	40
Tabel-4.8 : Data variabel pendukung perhitungan paparan debu.....	48
Tabel-4.9 : Data primer debu urea prill Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3, setiap hari tahun 2006.....	49
Tabel-4.10 : Data primer debu urea granul Pabrik POPKA dan Kaltim-4 tahun 2006.....	49
Tabel-4.11 : Rangkuman hasil perhitungan paparan debu urea.....	53
Tabel-4.12 : <i>One-sample Test</i> data penelitian terhadap peringkat hijau/emas di pabrik urea Kaltim-1.....	56
Tabel-4.13 : Hasil perolehan peringkat PROPER dari data primer emisi debu urea.....	57
Tabel-4.14 : Rangkuman biaya pengecatan seluruh pabrik.....	58
Tabel-4.15 : Hasil pembahasan paparan debu urea ke lingkungan.....	67
Tabel-4.16 : Rincian biaya pengobatan karyawan PKT di RSPKT dengan diagnosa ISPA tahun 2003-2005.....	68

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar-2.1 : Diagram Alir Proses Produksi Pabrik Urea	
7	
Gambar-2.2 : Diagram Alir Proses Pembutiran di Prilling Tower	
9	
Gambar-2.3 : Diagram Alir Proses Granulasi Urea	
10	
Gambar-2.4 : Diagram Alir proses metode pengelolaan	
15	
Gambar-2.5 : Pengelolaan limbah mengandalkan daya dukung.....	
17	
Gambar-2.6 : Pendekatan pengolahan limbah dilakukan industri saat ini.....	17
Gambar-2.7 : Praktek pencegahan pencemaran	17
Gambar-3.1 : Blok diagram pendekatan penelitian	
28	
Gambar-4.1 : Frekuensi data <i>versus</i> emisi debu urea pabrik Kaltim-1	42
Gambar-4.2 : Frekuensi data <i>versus</i> emisi debu urea pabrik Kaltim-2.....	42
Gambar-4.3 : Frekuensi data <i>versus</i> emisi debu urea pabrik Kaltim-3.....	43
Gambar-4.4 : Frekuensi data <i>versus</i> emisi debu urea pabrik POPKA.....	43
Gambar-4.5 : Frekuensi data <i>versus</i> emisi debu urea pabrik Kaltim-4	44
Gambar-4.6 : Grafik perbandingan emisi debu urea prill pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 dengan peringkat PROPER.....	46
Gambar-4.7 : Grafik perbandingan emisi debu urea granul pabrik POPKA dan Kaltim-4 dengan peringkat PROPER.....	46
Gambar-4.8 : Paparan debu urea <i>prilling tower</i> pabrik kaltim-1.....	54
Gambar-4.9 : Paparan debu urea pabrik kaltim-1 ke lingkungan.....	54
Gambar-4.10 : <i>Curve T-Test 100 value</i> mg/Nm ³ emisi debu urea.....	56
Gambar-4.11 : <i>Process flow diagram Urea Dust Recycle System</i>	62

DAFTAR LAMPIRAN.

Lampiran-1 : Cara menghitung debu urea dari analisa laboratorium pada data primer.

Lampiran-2 : Data Analisa Laboratorium.

Lampiran-3 : Peta Profil Paparan Debu Urea ke Lingkungan.

Lampiran-4 : Data Pemakaian Cat.

GLOSSARY

PKT : PT. Pupuk Kaltim.

SMK3 : Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan kerja.

ISO : International Standard Organization.

PROPER : Program Peringkat, merupakan program penilaian kinerja perusahaan dalam bidang lingkungan hidup.

In-plant treatment : Peralatan pengolah limbah yang dipasang diperalatan proses produksi.

End Of Pipe Treatment : Peralatan pengolah limbah yang dipasang setelah proses.

Eksplorisif : Suatu zat yang mempunyai sifat mudah meledak.

Eksotermis : Suatu reaksi yang menimbulkan panas.

Make up : Umpan baru

Force draft : Dorongan udara oleh blower.

Voluntary : Suatu kegiatan yang bersifat suka rela.

Standard operating manual : Prosedur baku untuk mengoperasikan peralatan.

UDRS : Urea Dust Recovery Unit.

Modifikasi : Merubah dan atau menambah/mengurangi bentuk aslinya.

Otomasi : Mengotomatiskan peralatan produksi.

Optimisasi : Mengoptimalkan produksi/proses.

BMU : Baku Mutu Udara atau Nilai Ambang Batas (NAB).

Shut-down : Pabrik tidak dioperasikan.

Aspect : Sudut Pandang.

Impact : Dampak.

ISPA : Infeksi Saluran Pernapasan Atas.

Steady state : Tunak (normal dan stabil).

Data sheet : Data kinerja alat yang dituliskan dalam lembar-lembar.

Technical file : Tempat menyimpan arsip-arsip teknis.

Trace : Ada tetapi tidak terdeteksi.

Joint Venture Company : Perusahaan-perusahaan yang ada di Kompleks Industri PKT maupun kawasan Industri PT. KIE.

ABSTRAK

Tesis ini berjudul **"Pengelolaan Emisi Debu Urea Menuju Produksi Bersih"** ini berarti bahwa Manajemen PT. Pupuk Kaltim Tbk telah bertekad untuk memutus salah satu parameter pengotor lingkungan yaitu debu urea walaupun sebenarnya emisi debu urea ini masih dibawah Baku Mutu yaitu maksimum 500 mg/Nm³. Permasalahannya bahwa PT. Pupuk Kaltim belum pernah melakukan identifikasi dan evaluasi secara khusus untuk debu urea ini bahkan belum sampai juga melakukan evaluasi keekonomian dan *cost and benefit* jika dipasang peralatan penangkap debu urea.

Dalam Tesis ini di uraikan tentang pengelolaan yang dilakukan secara efisien dalam pengertian menghasilkan *benefit* bagi perusahaan dengan mengikuti kaidah-kaidah **Produksi Bersih**, oleh karena itu tujuan penelitian ini mengarah kepada penyelesaian masalah tersebut yaitu dengan melakukan identifikasi dan evaluasi paparan debu urea yang di kaitkan dengan biaya pengecatan dan hasil pungut ulang untuk Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4. Hasil identifikasi ini diuji dengan metode Statistik untuk dibandingkan dengan PROPER, selanjutnya dilakukan kajian keekonomian dan pemilihan peralatan *Unit Dust Recovery System (UDRS)*.

Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode sampling cuplikan sebanyak masing-masing 10 sampel yang dianalisa di laboratorium Pupuk Kaltim dan dibandingkan dengan data pencatatan mingguan tahun 2004-2005. Kesimpulan dari uji hipotesa memperlihatkan bahwa hanya pabrik Kaltim-1 yang berperingkat **hijau** sedangkan pabrik-pabrik yang lain sudah berperingkat **emas** jika di uji dengan peringkat PROPER.

Berdasarkan kalkulasi biaya untuk investasi peralatan *Urea Dust Scrubber* sebesar Rp 22,5 milyar, namun hasil kembaliannya dari pungut ulang dan efisiensi pengecatan sebesar Rp 5,25 milyar/tahun, sehingga waktu pengembalian 6,8 tahun jika alat tersebut hanya dipasang di Kaltim-1 tetapi jika alat ini dipasang di 5 pabrik maka pengembaliannya menjadi 31 tahun, oleh karena itu **di rekomendasikan** untuk pemasangan peralatan *Urea Dust Scrubber* di Kaltim-1 saja. **Disarankan** untuk terus menerus memantau : paparan debu urea, Indeks Standart Pencemaran Udara (ISPU) dan kesehatan karyawan/masyarakat yang terkena dampak paparan debu urea.

ABSTRACT

This thesis entitles " Management of Urea Dust Emission Towards cleaner production" this means that Manajemen PT Pupuk Kaltim Tbk has intended to overcome one of environmental pollutant parameter that is urea dust although actually this urea dust emission still comply with government regulation standart that is maximum 500 mg/Nm³. So far that PT. PT. Pupuk Kaltim have not yet identified and evaluated specifically for this urea dust, nor did evaluation of economics, as well as the cost and benefit analysis for the dust recovery.

The tesis describe the management done efficiently, which benefit for the company by adopting cleaner production methods. Therefore purpose of this research leads to solving of the problem that is by identifying and evaluating the expose of urea dust correlating with the expense of painting and urea dust recovery from Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA and Kaltim-4, the result of this evaluation is tested, by statistical method, to be compared with PROPER, then economics evaluation being carried out and to select of equipments of Urea Dust Recovery System (UDRS).

This research used sampling method, by collection 10 samples analysed in laboratory of Pupuk Kaltim, and compared to weekly recorded data of the year 2004-2005. Conclusion from statistical test shows that only Kaltim-1 plant get green level while other plant had gold level according to the PROPER method.

Based on calculation of the Urea Dust Scrubber investment equal to Rp 22,5 billion, but result of urea dust recovery and efficiency of painting value to Rp 5,25 milyar/year, so that return of investment will be 6,8 years when the Urea Dust Scrubber installed in Kaltim-1, if the Urea Dust Scrubber is installed in all 5 urea plants, the return becomes 31 years. Therefore in recommending for installation of UDRS in Kaltim-1, It is suggested for monitoring exposure of urea dust, Air Pollution Standard Index and health for employee/community exposed by impact of urea dust.

Bab I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk. merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang didirikan pada tanggal 7 Desember 1977 dengan tujuan utama untuk pengembangan industri dan ekonomi nasional, khususnya sektor industri pupuk dan industri kimia. Pabrik PT Pupuk Kaltim ini, berlokasi di wilayah kota Bontang, Propinsi Kalimantan Timur

Perusahaan yang didirikan pada tahun 1977 ini, pada saat ini memiliki 4 unit pabrik amoniak dan 5 unit pabrik urea dengan total kapasitas produksi 1.850.000 ton amoniak dan 2.980.000 ton urea setahunnya, serta dilengkapi oleh berbagai fasilitas pendukung yang diperlukan lainnya. Bahan baku yang dipakai adalah gas bumi dan udara serta uap air. Gas bumi ini dialirkan dari daerah Tanjung Santan menggunakan pipa di bawah tanah sepanjang 56 km sampai ke PT. Pupuk Kaltim

PT. Pupuk Kaltim Tbk. dalam upaya mengendalikan mutu produksi dan pengelolaan Keselamatan & Kesehatan Kerja serta Lingkungan telah berhasil mempertahankan sertifikat ISO 9002 (untuk mutu), bendera emas SMK3 (untuk K3), dan sertifikat ISO 14001 (untuk lingkungan) selama 6 tahun sejak tahun 2000.

Unit pabrik urea ini, pada kegiatan prosesnya dalam keadaan beroperasi normal mengeluarkan emisi debu urea melalui unit *Prilling Tower* dan unit *Granulator* dan dibuang ke udara / lingkungan. Dilihat dari aspek produksi debu urea yang keluar dari peralatan *Prilling Tower* dan *Granulator* merupakan kehilangan produksi Urea yang jumlahnya dari seluruh unit pabrik urea diperkirakan sekitar 2 ton setiap harinya atau 730 ton dalam setahun.

Dilihat dari aspek kerugian lainnya akibat dampak yang ditimbulkan oleh debu urea ini dapat merusak peralatan dalam pabrik karena sifat debu Urea yang sangat korosif seperti peralatan instrument, mesin – mesin pabrik, struktur baja, alat – alat berat sehingga menimbulkan biaya pengecatan dilingkungan pabrik yang cukup besar. Disamping itu, kerusakan pada peralatan instrument dapat menyebabkan gangguan operasional pabrik yang bahkan bisa menyebabkan gangguan terhadap kelancaran produksi. akibat dampak yang ditimbulkan oleh debu Urea.

Dilihat dari aspek dampak terhadap lingkungan sekitar walaupun jumlahnya masih dibawah Baku Mutu Udara (SK Men LH no. 133/MENLH/2004 lampiran 1A yaitu

sebesar 500 mg/Nm³) namun paparan dari emisi debu ini masih juga dapat menimbulkan dampak langsung terhadap lingkungan dalam bentuk :

1. Pengotoran terhadap perkantoran sekitar.
2. Pengotoran terhadap pemukiman sekitar secara kumulatif, contoh atap.
3. Pengotoran terhadap kendaraan.
4. Kemungkinan kesehatan (masih perlu diuji kebenarannya).

Sedangkan dampak tak langsung adalah konsumsi penggunaan air tanah juga tinggi karena dipakai untuk pencucian terhadap pengaruh pengotoran-pengotoran seperti pada butir 1 sampai dengan butir 3 diatas.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan seperti yang diuraikan tersebut diatas dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Beban emisi debu urea yang keluar dari unit *Prilling Tower* dan unit *Granulator* pada pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4 terlihat seperti memberikan beban pencemaran ke lingkungan oleh karena itu perlu dihitung dan dicari sumber penyebabnya.
- b. Kandungan/konsentrasi emisi debu urea yang terbuang selama ini hanya dibandingkan dengan Baku Mutu Udara yaitu sesuai dengan SK Men LH no. 133/MENLH/2004 lampiran 1A, pembandingan tersebut belum terlihat tingkat kinerja perusahaan terhadap emisi debu urea oleh karena itu emisi debu urea ini perlu dibandingkan dengan Program Peringkat (PROPER) sebagai acuan.
- c. Selama ini PT. Pupuk Kaltim menganggap bahwa debu urea merupakan limbah yang benar-benar tidak bermanfaat, namun secara kuantitatif belum pernah dihitung & dievaluasi sampai seberapa manfaatnya jika debu urea dipungut ulang (*recovery*), karena jika proses pungut ulang dilakukan akan memperoleh manfaat sebagai berikut :
 1. Memberikan nilai tambah berupa memperkecil kehilangan produksi urea.
 2. Memperkecil kemungkinan kerusakan peralatan pabrik yaitu peralatan instrumentasi dan peralatan lainnya karena pengaruh debu Urea yang korosif sehingga dapat mengakibatkan gangguan produksi.
 3. Mengurangi biaya pengecatan ekstra.
- d. Oleh karena tidak memungkinkan dilakukan pengurangan debu urea dengan cara *in-plant treatment* maka Perlu dibuat suatu perencanaan pengolahan emisi debu urea dengan cara *End Of Pipe Treatment* (EOPT) yaitu memasang unit Urea Dust Scrubber termasuk melakukan perhitungan *cost* dan *benefit* nya.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan tersebut diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk :

- a). Melakukan identifikasi beban emisi debu urea di unit *prilling tower* dan unit *granulator* sehingga dapat diketahui seberapa banyak yang terbuang keluar kelingkungan dan dicari sumbernya dari masing – masing pabrik.
- b). Melakukan uji kualitas emisi debu urea yang di keluarkan dan dibandingkan terhadap baku mutu emisi apakah memenuhi kriteria baku mutu emisi debu urea, untuk menentukan peringkat PROPER, selain itu juga melakukan uji kualitas emisi debu urea untuk membandingkan antar pabrik.
- c). Melakukan analisis terhadap sumber akibat emisi debu sampai dengan 5 tahun terakhir dari aspek keekonomian dalam bentuk perhitungan biaya pengecatan.
- d). Melakukan analisis kelayakan teknologi, lingkungan dan ekonomi peralatan proses yang sesuai yaitu di tambahkan peralatan Urea Dust Scrubber, untuk menurunkan emisi debu urea, dan memperhitungkan *benefit nya* dalam bentuk rupiah.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya penelitian ini, berbagai manfaat akan dapat diperoleh, antara lain :

- a). Dapat digunakan untuk optimalisasi peralatan proses produksi sehingga keluaran emisi debu urea dapat di minimalkan.
- b). Untuk menentukan skala prioritas pada pabrik-pabrik mana yang perlu didahulukan untuk dilakukan penambahan instalasi peralatan pengolah debu urea setelah dilakukan optimalisasi.
- c). Dipakai sebagai acuan bagi Perusahaan untuk merencanakan peralatan pengolah emisi debu urea yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat memenuhi kriteria produksi bersih.

d). Manfaat – manfaat lain yang akan diperoleh adalah :

1. Kualitas lingkungan yang lebih baik, meningkatkan kesehatan kerja karena berkurangnya paparan debu.
2. Dapat ditekan biaya perusahaan baik biaya langsung maupun biaya lingkungan yang ditimbulkan oleh adanya emisi debu.
3. Peningkatan efisiensi dengan bertambahnya produksi Urea.
4. Hubungan dengan lingkungan yang lebih baik.
5. Meningkatkan citra perusahaan.

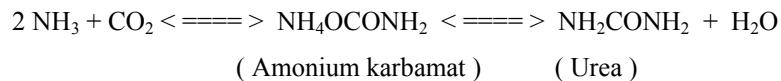
Bab II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Proses Pembuatan Urea

Unit amoniak memproduksi amoniak cair dengan mereaksikan gas hidrogen dan gas nitrogen pada suhu dan tekanan tinggi dengan bantuan katalis. Selain itu dari pabrik amoniak dihasilkan juga karbon dioksida (CO₂) sebagai bahan baku pembuatan urea. Pembuatan urea di unit pabrik Urea didasarkan atas reaksi dari amoniak dan karbon dioksida menjadi Amonium Karbamat, dan dilanjutkan dengan reaksi lebih lanjut Amonium karbamat menjadi urea dan air.

Adapun reaksi pokok berlangsung sebagai berikut :



Tahapan proses pembuatan urea (Kellog, 1982) meliputi : Persiapan Bahan Baku, Sintesa, Resirkulasi, Evaporasi dan *Finishing* serta Pengolahan Air Buangan .

a) Persiapan Bahan Baku

Gas CO₂ dari unit Amoniak diinjeksikan udara dalam aliran, ditekan sampai 149 Kg/cm² dan dialirkan ke H₂ *Converter* yang mengandung katalis Platinum. Reaksi berlangsung antara O₂ dan H₂ membentuk uap air untuk mencegah terjadinya campuran gas yang eksplosif. Reaksi berlangsung eksotermis sehingga suhu naik menjadi 142 °C dan perlu didinginkan sampai dengan 108 °C sebelum dikirim ke Reaktor urea. Amoniak cair bertekanan 26 kg/cm² dan temperatur 30 °C ditekan sampai dengan 161 kg/cm² dan dipanaskan sampai dengan 75 °C dan sama-sama larutan karbamat dari **Scrubber** dan gas CO₂ dari **HP Stripper** masuk ke **HP Carbamat Condenser** bertekanan 144 kg/cm² , dimana terjadi pembentukan karbamat yang eksotermis.

b) Sintesa

Larutan karbamat dari HP Condenser dialirkan ke **Reaktor**, dimana akan terjadi reaksi pembentukan urea. Hasil sintesa keluar **Reaktor** dimasukkan ke **Stripper** untuk memisahkan gas CO₂, amoniak dan *inert gas* dari larutan urea-karbamat dan dimanfaatkan kembali dengan mengkondesasiannya di **Scrubber**. Didalam Reaktor sekitar **60 %** dari CO₂ dirubah menjadi urea.

c) Resirkulasi

Larutan amonium karbamat yang mengandung urea, air dan karbamat yang tak terpisahkan dimasukkan ke **Stripper** dan **Rectifier**. Disini karbamat diuraikan kembali menjadi NH₃ dan CO₂ dengan sistim ekspansi, selanjutnya gas yang terbentuk dipisahkan untuk mendapatkan larutan pekat urea berkadar **73 %** dan bersuhu **86 °C** dan kemudian larutan ini dimasukkan kedalam tangki urea.

d) **Evaporasi dan *Finishing***

Larutan pekat urea berasal dari resirkulasi yang ada di tangki urea, dialirkan ke **evaporator** untuk diuapkan dan mendapatkan larutan urea dengan kadar **99.7 %** dan suhu **140 °C**. Evaporator terdiri dari 2 tingkat yang bekerja pada tekanan masing-masing **0.34** dan **0.034** kg/cm², kemudian larutan ini dipompakan ke Unit Pembutir, dimana unit pembutir ini. ***Prilling Tower*** untuk pembutiran urea. Lelehan urea dari atas menara disebarkan dalam bentuk tetesan kecil oleh ***Prilling Bucket*** dengan kecepatan terkontrol. Selama tetesan urea jatuh terjadi kristalisasi yang mana panas kristalisasinya diserap oleh udara yang dihembuskan dari bagian bawah menara. Selanjutnya butiran padat urea yang jatuh di bagian bawah menara dikumpulkan oleh ***Scraper*** dan dikirim ke gudang urea curah.

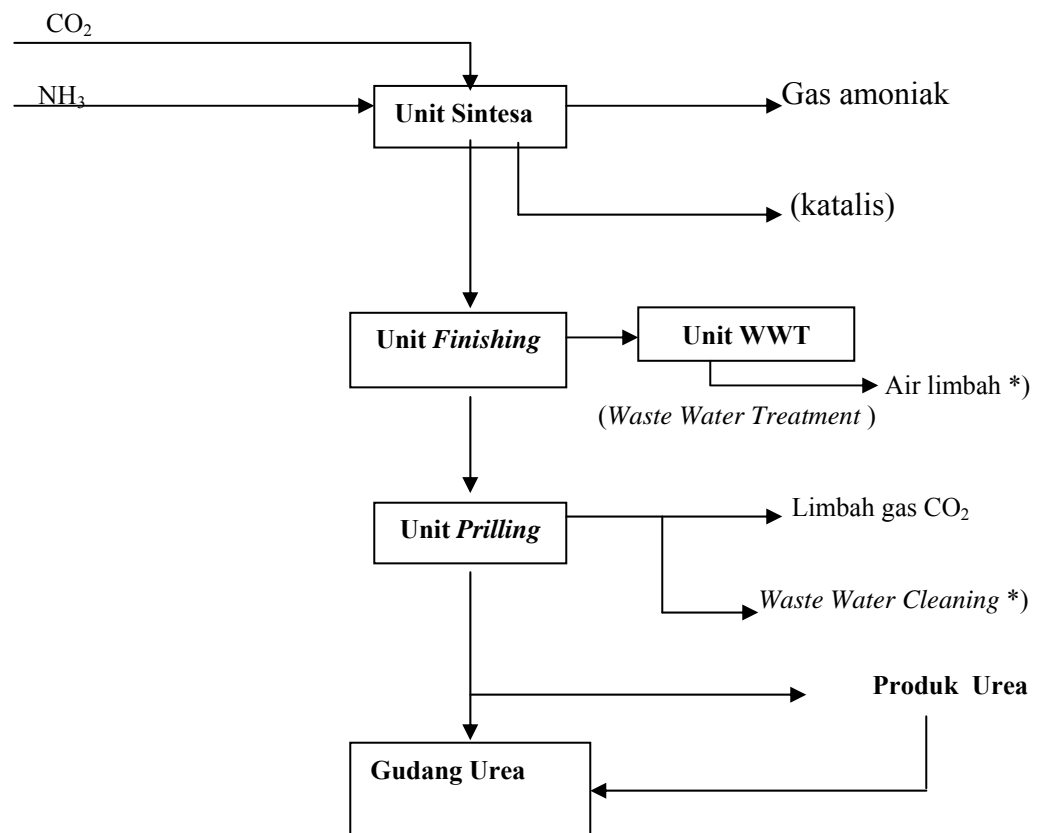
e) **Pengolahan Air Buangan**

Semua cairan kondensat dari ***Flash Tank Evaporator Condenser*** mengandung amoniak, karbondioksida dan urea, dimana cairan ini dimasukkan ke dalam tangki yang terdiri dari 2 kompartemen. Kompartemen yang besar masih mengandung urea relatif tinggi (2.9 %). Sebagian kondensat dipakai untuk keperluan resirkulasi absorber dan sebagian lagi diolah di dalam ***kolom desorbsi*** dan ***kolom hidroliser*** untuk diambil kembali hampir semua komponennya. Larutan yang sudah rendah kandungan amoniak dan ureanya kemudian sebagian dikirimkan ke pabrik Melamine untuk dipakai sebagai *make up* air pendingin dan sisanya dibuang ke selokan.

BAHAN BAKU

PROSES

PRODUK & LIMBAH



Gambar-2.1. : Diagram Alir Proses Produksi Pabrik Urea

(Sumber : PT Pupuk Kaltim, 1982)

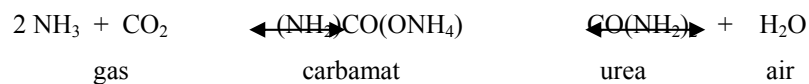
Keterangan gambar :

- *) Air limbah yang masuk selokan unit urea, kemudian diambil sampel dari selokan tersebut.

2.2. Emisi Debu Urea

2.2.1. Pengertian Debu Urea

Debu urea adalah butiran halus dari segala macam ukuran yang keluar melalui puncak Menara Pembutir (*prilling tower*) atau unit granulator ke udara sekitar sebagai emisi, hasil reaksi dari pembentukan urea di pabrik urea adalah sebagai berikut :



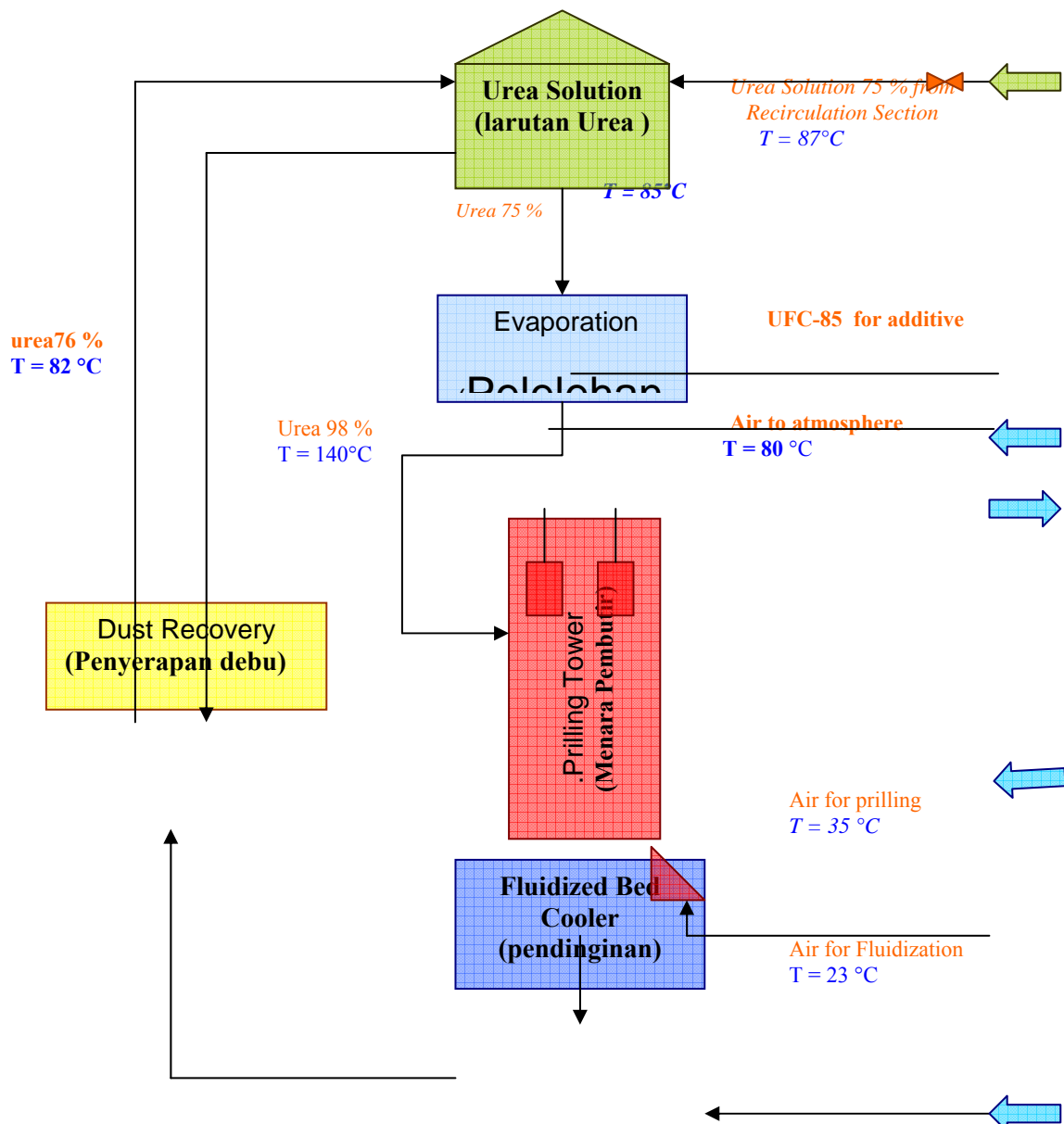
Urea yang terbentuk dari reaksi tersebut berupa *urea melt* yang kemudian dibutirkan di menara pembutir. *Urea melt* tersebut jatuh bebas dari ketinggian lebih dari 50 meter dan dari bawah dihembuskan udara pendingin dari *Blower*, maka *urea melt* tersebut menjadi padat, berbentuk amorf dan disebut Urea prill. Butiran urea yang ukurannya kecil (diatas 19 mesh) terbawa oleh udara keluar dari Menara Pembutir sebagai emisi debu urea. Pada unit granulator terjadinya urea padat melalui proses getaran, goyangan dan

bubbling udara sehingga terbentuk *urea granule* yang ukurannya lebih besar dari pada urea prill, sedangkan butiran urea yang halus yang keluar dari granulator akan terbawa oleh udara dari *bubbling* sebagai emisi debu urea.

2.2.2. Sumber terjadinya Debu Urea

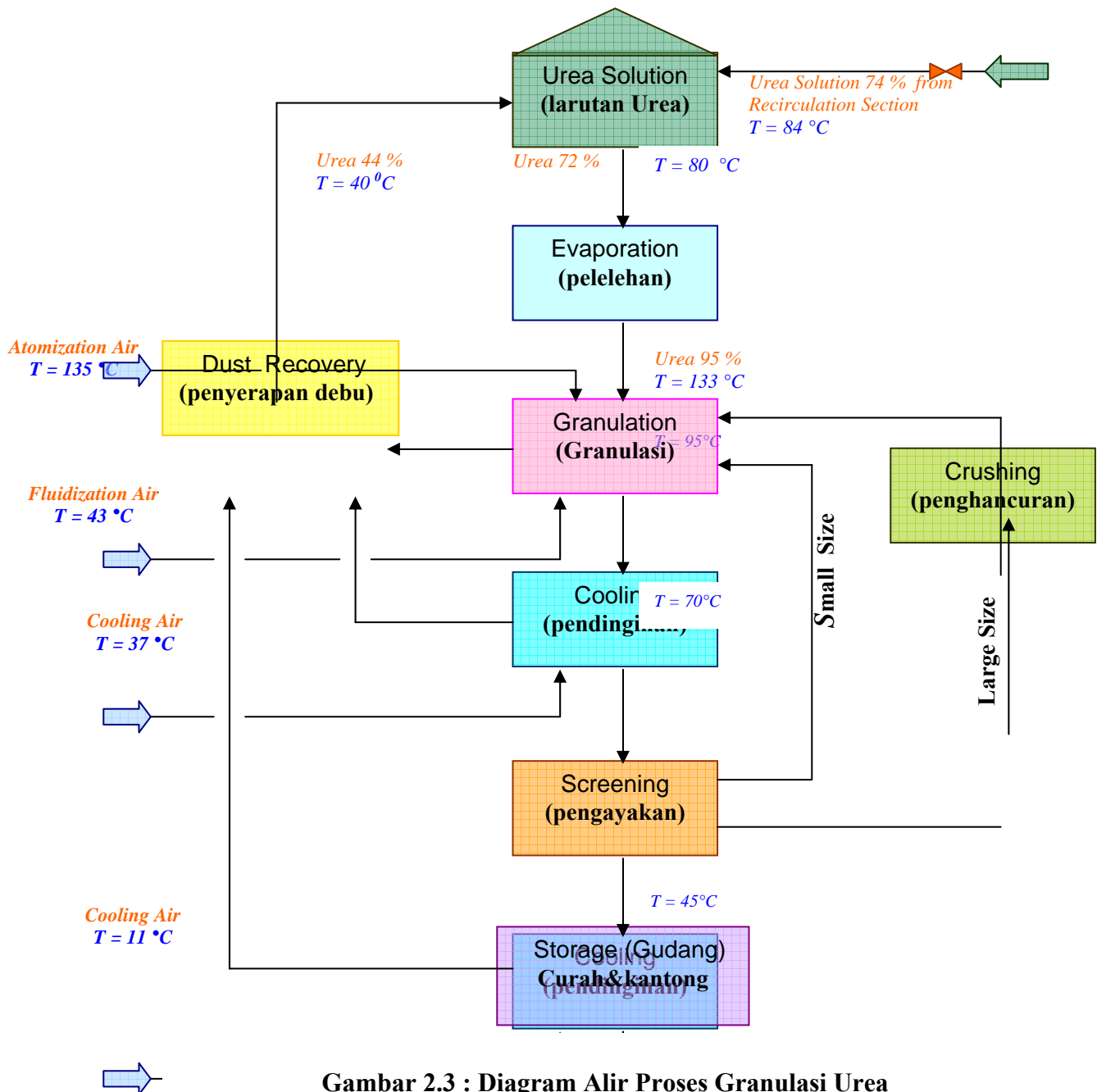
a). Unit Menara Pembutir atau *Prilling Tower*

Debu urea dihasilkan dari Unit Menara Pembutir atau *Prilling Tower* terdapat di unit Urea Pabrik Kaltim-1, Pabrik Kaltim-2, dan Pabrik Kaltim-3. Menara Pembutir di pabrik Kaltim-1 tingginya 50 meter dengan kerangka baja karena desain asli pabrik ini di rancang diatas kapal, sedangkan untuk Pabrik Kaltim-2 dan Pabrik Kaltim-3 tingginya 90 meter dibuat dari beton. Namun demikian prinsip prosesnya untuk ketiga pabrik tersebut kurang lebih sama, hanya teknologinya berbeda, khususnya untuk kaltim-1 yang menggunakan teknologi yang lama sehingga emisi debunya relative lebih besar dibandingkan dengan 2 (dua) pabrik lainnya, lihat Diagram alir di Gambar-2.2.



$T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Gambar 2.2 : Diagram Alir Proses Pembutiran di *Prilling Tower*
(Sumber : PT Pupuk Kaltim, 1982)



Gambar 2.3 : Diagram Alir Proses Granulasi Urea
(Sumber : PT Pupuk Kaltim, 1989)

b). Unit Granulator

Debu urea di Unit Granulator dihasilkan dari unit urea Pabrik POPKA dan Pabrik Kaltim-4. Proses pembutiran urea melt dalam unit granulator ini menggunakan teknologi fluidized bed granulation, yang relative lebih baru di banding dengan proses *prilling tower*, sehingga dihasilkan produk Urea dengan ukuran yang lebih besar dan jumlah emisi debu yang lebih kecil. Bagan alir proses granulasi dapat dilihat pada Gambar-2.3

2.2.3. Karakteristik emisi debu urea

Secara umum debu urea adalah suatu zat padat memiliki sifat-sifat yang korosif, untuk urea sendiri mempunyai karakteristik atau *physical properties* sebagai berikut :

a) Berat Molekul = 60,47

b) *Melting Point* :

Pada tekanan 1 Atm : m.p. = 132,7°C

Pada tekanan 3000 Atm : m.p. = 150°C

c) *Specific Gravity* :

Pada 20/4 °C = 1,336

Perubahan *Specific Gravity* setiap derajat = 0,000208

d) Struktur Kristal :

Crystalline form : Tetragonal-Sclendohedral.

Crystal Habits : Needles or Rhombic Prisms.

Crystal Constant : Optical Sign, positive.

Crystal Thermal Conductivity = 0,191 cal/sec/cm²/°C/cm.

e) *Heat Data* :

Specific Gravity pada 25°C = 0,371 cal/gm/°C.

Heat of Crystallization = 47 cal/gm.

Heat of fusion = 42,1 cal/gm.

Untuk Solid Urea Pada 25°C :

Heat of Formation (-ΔHf) = -79,634 Kcal/gm mol.

Entropy of Formation (-ΔSf) = 109,05 cal/degree/mol.

Free Energy of Formation (-ΔFf) = 47,118 Kcal/gm mol.

Free Energy of Formation from NH₃ and CO₂ (-ΔFf) = 254 cal/gm mol.

Free Energy of Formation of Aqueous Urea (-ΔFf) = 48,84 Kcal/gm mol.

Entropy of Urea = 25 cal/degree/mol.

f) *Miscellaneous Chemical-Physical Data* :

Konstanta *Dielectric* pada 22°C = $3,5 \pm 0,2 \times 4 \times 10^3$ cycles/sec

Konstanta Dissosiasi pada 21°C = $1,4 \times 10^{-14}$

Dipole moment = 4,56

Specific Susceptibility = $-0,56 \times 10^{-6}$ cgs

(Sumber: Chao, 1967)

Emisi debu urea yang keluar dari unit *Prilling tower* maupun di Unit *Granulator* mempunyai karakteristik yang berbeda. Hal ini terlihat dari data rata-rata ketiga parameter tersebut yang diambil pada mid semester tahun 2005 seperti terlihat pada tabel-2.1 dibawah ini :

Tabel-2.1. :Rekapitulasi hasil analisa Stack Dust Urea Plant K - 1/2/3/4 & POPKA

Periode : Bulan Juli 2005 - Februari 2006

No.	Bulan	Hasil Uji (mg/ Nm ³)				
		PRILL			GRANULE	
		Urea K -1	Urea K -2	Urea K -3	Urea K - 4	POPKA
1	Juli 2005	420.66	125.80	223.10	42.50	T.A.
2	Agustus 2005	274.49	80.20	100.28	13.64	29.20
3	Setember 2005	118.12	67.29	83.10	15.13	30.40
4	Oktober 2005	118.12	67.60	70.70	13.17	19.90
5	Oktober 2005	89.74	N.A	53.22	N.A	N.A
6	November 2005	125.13	70.49	22.28	14.65	60.65
7	Desember 2005	127.47	46.29	79.96	10.71	26.81
8	Januari 2006	211.51	44.70	70.04	Shut Down	20.37

Sumber : Laboratorium PT. Pupuk Kaltim, 2005

Dari tabel-2.1 diperoleh data sekunder sementara pada tahun 2005 yang menunjukkan bahwa emisi debu urea di unit *Prilling tower* lebih tinggi dibanding di Unit *Granulator*, faktor-faktor yang mempengaruhi adalah karena proses di unit *finishing* berbeda dan proses granulasi ini merupakan proses terbaru untuk industri pupuk urea.

Debu urea tersebut yang utamanya berasal dari unit *Prilling Tower* akan memapari atmosfer lingkungan sekitar PT. Pupuk Kaltim diantaranya daerah pemukiman Loktuan maupun Guntung, kota Bontang. Mekanisme pemaparan debu urea ke udara ini didekati dengan teori **Persamaan kepulan Asap Industri** yang didalamnya mendukung beberapa teori, termasuk diantaranya adalah teori *Bosanquet Pearson* (Lund, Herbert F, 1971) dan *Taylor – Gauss* (Dokumen Amdal PT Pupuk Kaltim, 1991).

Untuk perhitungan paparan debu urea dari emisi ke udara digunakan persamaan dari *Bosanquet Pearson*, rumus ini berguna untuk mengetahui titik awal paparan setelah keluar dari sumber atau setelah

emisi yaitu tinggi semburan debu urea yang keluar dari menara pembutir, namun karena paparan debu urea ini tidak sama dengan kepulan asap maka perhitungan konsentrasi debu urea setelah emisi tidak bisa di perhitungkan sama dengan persamaan *Bosanquet Pearson*, yang dapat dilakukan hanya menghitung **Tinggi Efektive** (H_{eff}) sebagai berikut :

$$H_{eff} = (H_{prilling} + H_{max}) \dots\dots\dots (2-1)$$

Rumus lain yang mendukung perhitungan dengan menggunakan rumus *Bosanquet Pearson* adalah rumus untuk menghitung H_{maks} , dimana yang dimaksud H_{maks} disini adalah paparan debu urea keatas yang disebabkan oleh dorongan *blower* keatas *prilling tower*.

Adapun rumus H_{maks} (Lund, Herbert F, 1971) tersebut sebagai berikut :

$$H_{max} = V_0^2 / (2 \times g) = V_0^2 / 2 / g \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

- H_{max} = tinggi tebaran keatas yang disebabkan oleh *force draft*, meter
- g = Percepatan gravitasi, m/detik²
- V_0 = Kecepatan debu emisi keluar *prilling tower*, m/detik
- H_{eff} = Jarak tertinggi pada titik akhir konsentrasi debu urea, ft
- $H_{prilling}$ = Tinggi *prilling tower*, meter

Hasil perhitungan H_{eff} ini dipakai untuk *input* perhitungan rumus *Taylor – Gauss* untuk paparan debu urea ke lingkungan.

Selanjutnya untuk menghitung jarak paparan digunakan rumus *Taylor – Gauss* (Dokumen Amdal PT Pupuk Kaltim, 1991).

Rumus : *Taylor – Gauss*.

$$C(X,0,0) = \frac{Q}{u \times T_y \times T_z} \times e^{-0,5 \times (H_{eff} - \frac{V_s \times X}{100 \times u})^2 / T_z^2} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan :

- Q = Debit debu urea rata-rata, gr/detik
- V_s = Terminal *settling velocity*, m/detik.
- $C(X,0,0)$ = Konsentrasi debu urea yang jatuh sejauh X meter (jarak paparan).
- T_y = Koefisien dispersi *horizontal*, meter

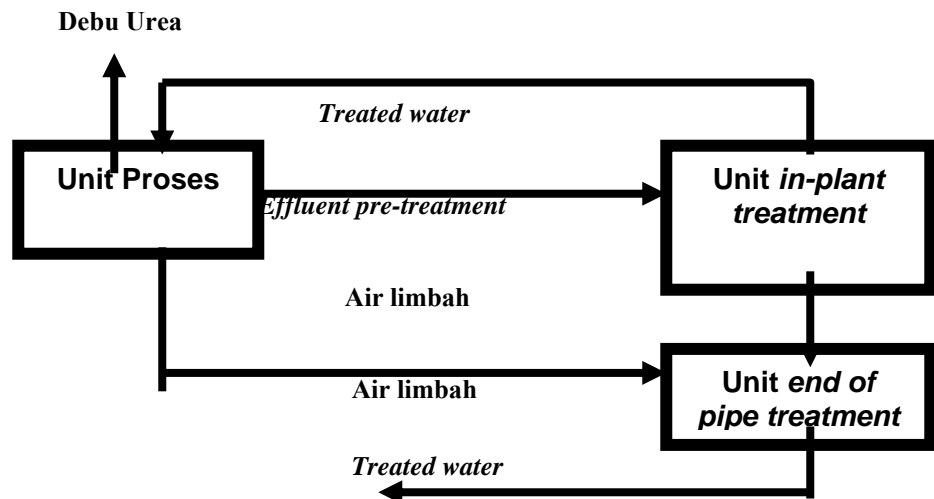
T_z = Koefisien dispersi *vertical*, meter

Data sekunder paparan debu urea akan di teliti dan dibandingkan dengan perhitungan teoritis seperti rumus diatas serta dibandingkan pula dengan Baku Mutu Udara Ambien untuk debu urea, jika ternyata didaerah pemukiman melebihi Baku Mutu Udara Ambien maka akan diberikan rekomendasi pengelolaannya.

2.3. Pengolahan Limbah Urea

Unit *treatment* di pabrik urea umumnya dikenal ada 2 jenis tipikal metode pengelolaan (*treatment*), yaitu metode *in-plant treatment* dan metoda *end of pipe treatment*. Kedua metode tersebut dapat di gambarkan seperti terlihat pada gambar-2.2 yang penjelasannya sebagai berikut :

In-plant treatment adalah peralatan pengolah limbah yang melekat di dalam proses produksi dan digunakan untuk mengolah *intermediate waste* agar dapat didaur ulang, sedangkan *end of pipe treatment* adalah peralatan pengolah limbah yang berada di luar proses produksi dan digunakan untuk mengolah limbah agar limbah tersebut memenuhi persyaratan baku mutu jika perlu dapat digunakan kembali atau dimanfaatkan untuk penggunaan lainnya.



Gambar-2.4 : Diagram Alir proses metode pengelolaan.

(Sumber : Dokumen Amdal PT Pupuk Kaltim, 1991)

Air limbah ini masih mengandung amoniak dari carbamat/urea terbuang maupun sejenisnya yang dapat terurai menjadi amoniak yang dinyatakan sebagai $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam air limbah, Sedangkan semua larutan yang keluar dari peralatan proses ke unit *in-plant treatment* disebut ***effluent pre-treatment***.

Air limbah ini mengandung $\text{NH}_3\text{-N}$, yang merupakan pelarutan dan embunan gas amoniak serta merupakan sisa hasil reaksi dari pembentukan urea di pabrik urea. Dengan kata lain air limbah amoniak merupakan larutan amoniak dan atau larutan carbamat dan atau larutan urea sendiri dan atau campuran ketiganya.

Peralatan yang secara umum dipakai pada pabrik pupuk dengan pendekatan *in-plant treatment* untuk mengolah *effluent pre-treatment* adalah :

- a) Unit *Stripper*.
- b) Unit *Hydrolizer*.
- c) Unit *Scrubber*.
- d) Unit *Urea solution pit*.

2.4. Menerapkan sistim pengelolaan Produksi Bersih

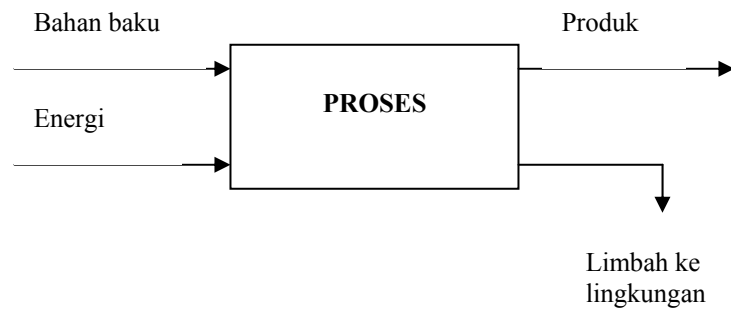
Produksi Bersih merupakan salah satu sistem pengelolaan lingkungan yang dilaksanakan secara sukarela (***Voluntary***) sebab penerapannya bersifat tidak wajib. Konsep Produksi Bersih merupakan pemikiran baru untuk lebih meningkatkan kualitas lingkungan dengan lebih bersifat proaktif.

Beberapa istilah yang dipakai untuk menyatakan kegiatan produksi bersih yaitu :

- a. Menurut UNEP, Produksi Bersih adalah STRATEGI PENCEGAHAN dampak lingkungan terpadu yang diterapkan secara terus menerus pada PROSES, PRODUK, JASA untuk MENINGKATKAN EFISIENSI secara keseluruhan dan mengurangi resiko terhadap manusia maupun lingkungan. Merupakan *Pollution Prevention* (Pencegahan Pencemaran), *Waste Minimization* (Minimisasi Limbah), *Waste Reduction* (Pengurangan Timbulan Limbah). UNEP (United Nations Environmental Program) dan negara-negara Eropa menggunakan istilah *Cleaner Production*, Amerika dan Kanada memakai istilah *Pollution Prevention*, sedangkan negara-negara lainnya mengikuti UNEP.
- b. Produksi Bersih, menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2003), didefinisi sebagai strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus-menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimisasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan.

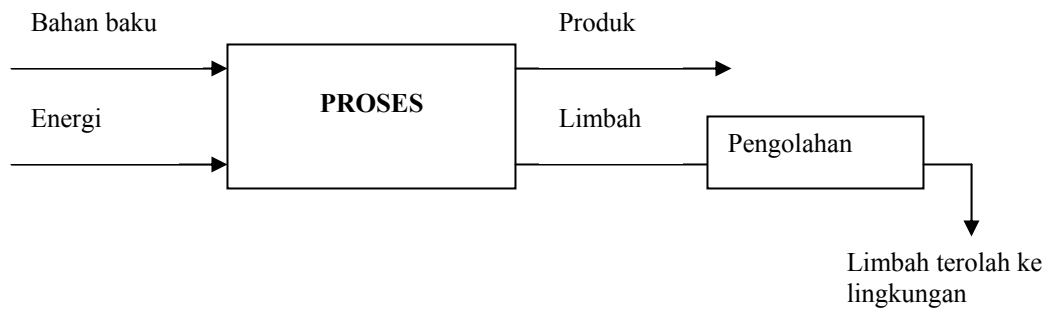
Dari kedua pengertian mengenai Produksi Bersih maka terdapat kata kunci yang dipakai untuk pengelolaan lingkungan yaitu : **pencegahan, proses, produk dan jasa, peningkatan efisiensi, minimisasi resiko**. Dengan demikian maka perlu perubahan sikap, manajemen yang bertanggung-jawab pada

lingkungan dan evaluasi teknologi yang dipilih. *Bishop (2001)* memberikan gambaran perbandingan pengelolaan lingkungan yang disajikan pada gambar-2.5, gambar-2.6 dan gambar-2.7 sebagai berikut :



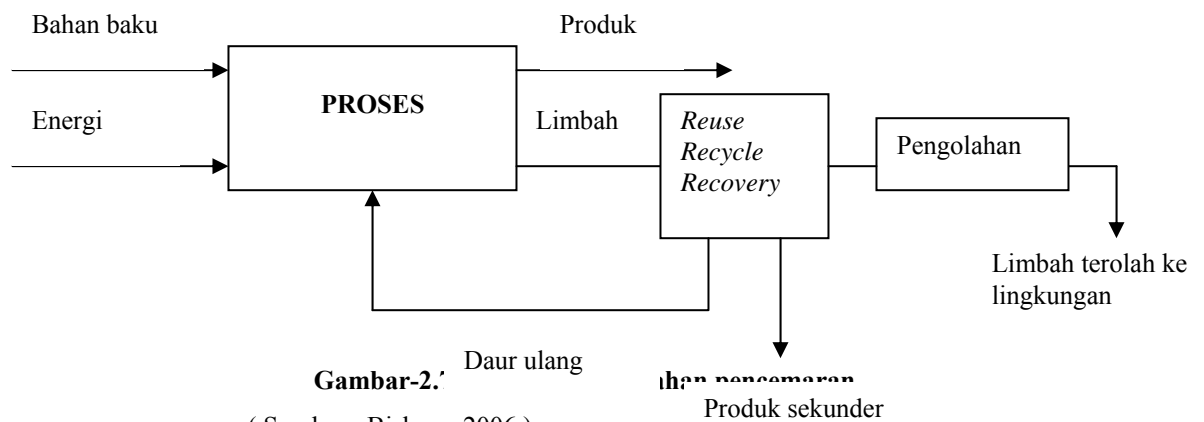
Gambar-2.5 : Pengelolaan limbah mengandalk

(Sumber : Bishop, 2006)



Gambar-2.6 : Pendekatan pengolahan limbah dilakukan industri saat ini

(Sumber : Bishop, 2006)



Gambar-2.7 : Pendekatan pengolahan limbah dilakukan industri masa depan

(Sumber : Bishop , 2006)

Penerapan konsep dan strategi produksi bersih pada hakekatnya menuju produk yang kompetitif dan memperhatikan aspek lingkungan menuju *Eco-efficiency*. *Eco-efficiency*, adalah penyediaan produk dan jasa dengan harga kompetitif, memberikan kepuasan kebutuhan manusia dan meningkatkan kualitas kehidupan, mengurangi dampak lingkungan dan pemakaian sumberdaya melalui daur hidup (*life cycle*) dengan memperhatikan daya dukung lingkungan. Penerapan *eco-efficiency* berupa pengurangan penggunaan bahan untuk pembuatan barang-barang dan keperluan jasa, pengurangan penggunaan barang-barang dan jasa, pengurangan bahan beracun, peningkatan daur ulang bahan, memaksimalkan pemakaian sumber daya yang dapat diperbarui, memperpanjang umur produk (dengan melakukan kajian daur hidup produk), dan peningkatan pemakaian produk.

Konsep pencegahan yang paling awal yaitu minimisasi limbah, pencegahan pencemaran dan pengurangan pemakaian bahan beracun. Konsep pencegahan yang baru yaitu berdasarkan sasaran pada pengurangan dampak lingkungan melalui siklus daur hidup produk, dengan fokus pada desain produk (desain untuk lingkungan) atau pada pendekatan baru berdasarkan nilai tambah (*eco-efficiency*). *Overlap* (tumpang tindih) yang terbesar adalah pada *Eco-efficiency*. *Eco-efficiency* dan Produksi Bersih merupakan konsep yang saling melengkapi. *Eco-efficiency* lebih ditujukan pada strategi bisnis (kreasi nilai) sedangkan Produksi Bersih pada sisi operasional (produksi).

Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih dituangkan dalam **1E5R** (*Re-think, Re-use, Reduction, Recovery and Recycle*), dalam upaya pengelolaan limbah di PT. Pupuk Kaltim dicoba untuk melakukan pendekatan melalui teori 1E5R sebagai berikut :

- a. ***Elimination*** (pencegahan) adalah upaya untuk mencegah timbulan limbah langsung dari sumbernya, mulai dari bahan baku, proses produksi sampai produk. Manajemen PT. Pupuk Kaltim telah melakukan berbagai modifikasi peralatan pabrik yang bertujuan untuk efisiensi dan pengamanan lingkungan dimana sebagian dari modifikasi tersebut merupakan hasil temuan-temuan audit ISO ataupun audit manajemen lingkungan yang lain.
- b. ***Re-think*** (berpikir ulang), adalah suatu upaya untuk berpikir ulang bagi manajemen untuk memperbaiki semua proses produksi agar efisien, aman bagi manusia dan lingkungan. Kebijakan manajemen PT. Pupuk Kaltim untuk ***re-think*** ini sama dengan kebijakan untuk ***elimination***. Namun khusus untuk berpikir ulang agar pengurangan emisi debu urea ini dilakukan dengan membuat ***in-plant treatment*** sangat tidak memungkinkan kecuali merubah unit *prilling tower* menjadi unit granulasi dan ini biaya investasinya sangat mahal.
- c. ***Reduce*** (pengurangan) adalah upaya untuk menurunkan atau mengurangi limbah yang dihasilkan dalam kegiatan. Untuk mengurangi limbah telah dilaksanakan dengan melakukan perubahan-perubahan *Standard operating manual (SOP)*, sebagai contoh yang sudah dilakukan melalui penelitian terdahulu oleh Ir. Heri Subagio, M.Si. dengan judul tesisnya "EVALUASI PROSES DI UNIT PRILLING TOWER SEBAGAI UPAYA MENGURANGI EMISI DEBU UREA DI PABRIK PUPUK KALTIM 1,2 DAN 3 (Studi kasus di PT. PKT, Bontang)".

- d. **Reuse** (pakai ulang/penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia atau biologi. Penerapan untuk teori ini salah satu contoh adalah mengembalikan urea *reject* kedalam **unit urea-pit** untuk diproses kembali menjadi urea.
- e. **Recycle** (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali melalui perlakuan fisika, kimia dan biologi. Penerapan dari teori ini di PT. Pupuk Kaltim adalah katalis bekas dibuat menjadi *paving block*.
- f. **Recovery/Reclaim** (pungut ulang, ambil ulang) adalah upaya mengambil bahan-bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah, kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia dan biologi. Di PT. Pupuk Kaltim teori ini telah diterapkan, dimana salah contoh adalah melakukan *recycle* semua process condensat menjadi air proses kembali, sedangkan yang akan diterapkan lagi adalah pemasangan *Urea Dust Recovery System* (UDRS) yang sekarang sedang dituliskan dalam tesis ini.

Meskipun prinsip produksi bersih dengan strategi **1E4R** atau **5R**, namun perlu ditekankan bahwa strategi utama perlu ditekankan pada Pencegahan dan Pengurangan (1E1R) atau 2R pertama. Bila strategi 1E1R atau 2R pertama masih menimbulkan pencemar atau limbah, baru kemudian melakukan strategi 3R berikutnya (*reuse, recycle, and recovery*) sebagai suatu strategi tingkatan pengelolaan limbah. Praktek produksi bersih yang umum dilakukan dibidang produk dan proses produksi, menurut Berkel (2001), dibagi menjadi 5 macam, yaitu :

1. Modifikasi Produk : perubahan karakteristik produk, seperti bentuk dan komposisi bahan. Umur produk menjadi lebih lama, mudah direparasi, atau proses pembuatan produk dengan tingkat pencemaran rendah. Demikian pula perubahan packaging produk pada umumnya dimasukkan sebagai modifikasi produk.
2. Substitusi input : penggunaan bahan baku yang kurang atau tidak menimbulkan pencemaran dan penggunaan bahan-bahan tambahan yang mempunyai umur lebih panjang
3. Modifikasi teknologi : peningkatan otomatisasi proses, optimisasi proses, perancangan ulang peralatan, dan penggantian proses. Termasuk kategori ini adalah pengendalian proses yang lebih baik dan modifikasi peralatan.
4. Tata laksana rumah tangga (kerumah-tangga) yang baik (*Good housekeeping*) : perubahan prosedur operasi dan manajemen dengan tujuan untuk mencegah timbulan limbah dan emisi. Sebagai contoh adalah pencegahan kebocoran cairan dari tanki, pencegahan tumpahan, pembuatan prosedur operasi standar dan pelatihan pekerja.
5. Daur ulang dalam proses (*On-site recycling*) : pemanfaatan limbah atau pencemar dalam suatu pabrik/perusahaan, seperti penggunaan kembali limbah sebagai bahan baku, daur ulang bahan atau pemanfaatan limbah.

Manfaat yang diperoleh dari proses produksi bersih antara lain : dapat meningkatkan efisiensi bahan dan energi, meningkatkan produktivitas, meningkatkan keuntungan dan penurunan biaya produksi, disamping itu juga dapat mengurangi terjadinya produk cacat, mencegah terjadinya atau pengurangan

limbah, dapat meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja, kebersihan lingkungan dan mengurangi kerusakan pada peralatan.

Dalam hal pengelolaan emisi debu urea ini maka prinsip-prinsip penerapan Produksi Bersih akan tercapai karena dalam pengelolaan ini mengandung unsur-unsur prinsip sebagai berikut :

a) Peningkatan keuntungan

Merangsang manajemen untuk berpikir ulang (*Re-think*) mengenai efisiensi produksi dan penghamburan produk yang bisa menimbulkan biaya-beaya lingkungan (*externality*).

b) Pengurangan timbulan limbah

Dengan memasang perangkat peralatan *Urea Dust Scrubber* maka akan terjadi proses *Recycle* (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang debu urea dengan cara menarik debu kedalam kolom *scrubber* yang kemudian dilarutkan dan di sirkulasi sampai konsentrasi sekitar 70% selanjutnya dikirim ke *Urea Solution tank* untuk di butirkan di menara pembutir, dengan demikian timbulan emisi bisa diperkecil.

c) Peningkatan Kebersihan.

Dengan mengurangi emisi maka debu urea yang selama ini mengotori lingkungan akan terlihat bersih.

d) Pengurangan kerusakan pada peralatan.

Disini termasuk bagian dari efisiensi, karena dengan berkurangnya pengotoran urea yang bersifat korosif maka peralatan pabrik akan menjadi lebih awet.

2.5. Program Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER)

Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup, disingkat PROPER merupakan salah satu upaya Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) untuk mendorong perusahaan dalam meningkatkan kinerja pengelolaan lingkungan. Dasar hukum pelaksanaan PROPER tertuang dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup **No 127 Tahun 2002** tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan (PROPER).

Prinsip dasar pelaksanaan PROPER adalah mendorong pentaatan perusahaan dalam pengelolaan lingkungan melalui instrument insentif reputasi/citra bagi perusahaan yang mempunyai kinerja pengelolaan lingkungan yang baik dan instrumen disinsentif reputasi/citra bagi perusahaan yang mempunyai kinerja pengelolaan lingkungan yang buruk. Sistem peringkat kinerja PROPER mencakupi pemeringkatan perusahaan dalam 5 (lima) peringkat warna yang mencerminkan kinerja pengelolaan lingkungan secara keseluruhan, yaitu :

1. **Peringkat Emas** ~ untuk kegiatan yang telah berhasil mengendalikan pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup dan melaksanakan produksi bersih dan telah mencapai hasil yang sangat memuaskan, untuk pencapaian kualitas limbah maksimal 20 % dari BMU.

2. **Peringkat Hijau** ~ untuk kegiatan yang telah berhasil mengendalikan pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup dan mencapai hasil lebih baik dari persyaratan yang ditentukan dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, untuk pencapaian kualitas limbah maksimal 50 % dari BMU.
3. **Peringkat Biru** ~ untuk kegiatan yang telah berhasil mengendalikan pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup dan mencapai hasil yang sesuai dengan persyaratan minimum dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, untuk pencapaian kualitas limbah dibawah 100 % dari BMU.
4. **Peringkat Merah** ~ untuk kegiatan yang telah dilakukan dalam pengendalian pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup, tetapi belum mencapai persyaratan minimum dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, untuk pencapaian kualitas limbah sampai dengan 500 % dari BMU.
5. **Peringkat Hitam** ~ untuk kegiatan yang belum melaksanakan pengendalian pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang berarti, untuk kualitas limbahnya diatas 500 % dari BMU.

Perusahaan berperingkat merah dan hitam merupakan perusahaan yang belum taat, perusahaan berperingkat biru adalah perusahaan yang taat, sedangkan perusahaan hijau dan emas adalah perusahaan yang pengelolaan lingkungan lebih dari yang dipersyaratkan. Dengan demikian untuk perusahaan berperingkat emas, hijau, dan biru mendapatkan insentif reputasi, sedangkan perusahaan yang berperingkat merah dan hitam mendapatkan disinsentif reputasi. Pelaksanaan PROPER merupakan salah satu bentuk perwujudan transparansi dan pelibatan masyarakat dalam pengelolaan lingkungan di Indonesia, dengan kata lain PROPER juga merupakan perwujudan dari demokratisasi dalam pengendalian dampak lingkungan.

PROPER memberikan kesempatan kepada masyarakat luas untuk berperan secara aktif dalam pengendalian dampak lingkungan. Sebagaimana layaknya proses demokratisasi, peranan masyarakat dan individu secara aktif dituntut baik sebagai individu maupun secara berkelompok. Agar informasi yang dikeluarkan oleh PROPER *legitimate* dimata masyarakat maka pelaksanaan PROPER menerapkan prinsip-prinsip *Good Environmental Governance* (GEG), antara lain transparansi, *fairness*, partisipasi *multi stakeholder* dan akuntabel.

Untuk 5 (lima) peringkat warna yang mencerminkan kinerja pengelolaan lingkungan di Industri Pupuk Urea dalam PROPER adalah :

1. **Peringkat Emas** : untuk pencapaian kualitas emisi maksimal 100 mg/Nm³.
2. **Peringkat Hijau** : untuk pencapaian kualitas emisi maksimal 250 mg/Nm³.
3. **Peringkat Biru** : untuk pencapaian kualitas emisi maksimal 500 mg/Nm³.
4. **Peringkat Merah** : untuk pencapaian kualitas emisi maksimal 2500 mg/Nm³.
5. **Peringkat Hitam** : untuk kualitas emisi lebih dari 2500 mg/Nm³.

2.6. Tinjauan Ekonomi Lingkungan

Emisi debu Urea yang keluar dari Menara Pembutir dan Unit Granulator dan terhambur ke lingkungan sekitar akan menimbulkan kerugian secara ekonomi bagi perusahaan. Kerugian ini terdiri dari **kerugian langsung** maupun **kerugian tidak langsung**.

Kerugian secara langsung berupa kehilangan produksi Urea karena terbang ke udara sekitar yang jumlahnya dapat dihitung dari masing-masing Menara Pembutir dari pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 serta Unit Granulator dari Kaltim-4 dan Popka. Dalam **hasil penelitian nanti akan dapat diketahui sampai seberapa jumlah rupiah yang dapat di hemat** jika dilakukan mitigasi terhadap emisi debu urea, namun perlu diperhatikan juga berapa investasinya untuk dibandingkan nilainya terhadap penghematan.

Kerugian tidak langsung dapat dihitung atau diperkirakan dari biaya yang dikeluarkan akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh adanya debu yang keluar ke atmosfer tersebut. Seperti diketahui, debu Urea yang keluar dari peralatan Menara Pembutir dan Unit Granulator dapat merusak peralatan dalam pabrik karena sifat debu Urea yang sangat korosif seperti peralatan instrument, mesin-mesin pabrik, struktur baja, alat-alat berat serta kendaraan yang berada di pabrik. Disamping itu, kerusakan pada peralatan instrument dapat menyebabkan gangguan operasional pabrik yang bahkan bisa menyebabkan gangguan terhadap kelancaran produksi karena pabrik bisa *shut-down*. Untuk mengurangi kerusakan pada peralatan-peralatan tersebut diatas menyebabkan kegiatan pengecatan pabrik dan penggantian peralatan instrumen lebih sering. Kerugian tidak langsung dapat diperkirakan dari peningkatan biaya yang diakibatkan oleh peningkatan kegiatan-kegiatan diatas, dalam kasus ini **akan diteliti besaran beaya pengecatan** peralatan setiap tahunnya dan akan diteliti besarnya sampai 5 (lima) tahun terakhir, dengan demikian jika emisi debu urea dapat dikurangi maka benefit terhadap perusahaan dapat dimunculkan dalam bentuk rupiah.

2.7. Tinjauan Manajemen Lingkungan

Tinjauan manajemen lingkungan ini merupakan bahasan permasalahan yang berhubungan dengan usaha untuk menurunkan debu urea yang berkaitan dengan aspek (*aspect*) lingkungan dan dampak (*impact*) lingkungan sekitarnya.

Aspek-aspek lingkungan dengan adanya paparan debu urea dari *prilling tower* adalah meliputi : sudut pandang kesehatan, sudut pandang kebersihan, dan sudut pandang ekonomi.

A. Sudut pandang kesehatan

Ditinjau dari sudut pandang (*aspect*) kesehatan sebenarnya jelas bahwa paparan debu urea akan memberikan dampak (*impact*) terhadap kesehatan karyawan, pemukiman maupun lingkungan lainnya. Dengan mencari data sekunder dari rumah sakit PT. Pupuk Kaltim maka dalam penelitian ini akan dibuktikan apakah ada hubungan antara paparan debu urea dengan kesehatan, terutama penyakit ISPA, dalam bentuk *trend* beaya kesehatan.

B. Sudut pandang kebersihan

Ditinjau dari sudut pandang (*aspect*) kebersihan maka akan melibatkan tingkat pengotoran dari dampak (*impact*) paparan debu urea yang mengakibatkan kerusakan peralatan pabrik, kendaraan-kendaraan dan

peralatan lainnya yang ada disekitar pabrik maupun pemukiman, dimana bentuk dampak sekundernya berupa meningkatnya jumlah kebutuhan air untuk mencuci dan meningkatnya kebutuhan pengecatan karena korosi. Dalam penelitian ini tidak dilakukan kebutuhan air pencucian debu urea karena data pastinya sulit diperoleh.

C. Sudut pandang ekonomi

Pemasangan peralatan yang bisa mengurangi debu urea ini memang memerlukan biaya yang relatif besar dan tidak ekonomis dibandingkan jumlah debu urea yang dapat diambil kembali dan dijadikan produk urea. Namun bila diperhitungkan dengan *potensial loss* dan biaya – biaya yang dikeluarkan sebagai dampak dari emisi debu tersebut, maka *recovery* tersebut memberikan keuntungan bagi perusahaan dan bagi kepentingan umum. Biaya-biaya yang dapat dihemat dari pemasangan peralatan *Urea dust scrubber* tersebut antara lain:

1. Mengurangi pengotoran berarti mencegah kemungkinan gangguan operasi dan *shut down* pabrik yang ditimbulkan oleh kerusakan alat instrumentasi akibat debu urea tersebut yang sifatnya sangat korosif, yang berarti pula mengurangi shut-down pabrik akan menambah keuntungan bagi perusahaan.
2. Biaya pengecatan yang meningkat dan perbaikan terhadap peralatan–peralatan pabrik yang lebih sering, antara lain struktur baja, mesin–mesin, alat pabrik lainnya, alat berat dan kendaraan. Pengecatan peralatan ini sangat penting untuk melindungi permukaan alat dari pengaruh korosifitas debu urea.
3. Biaya pemantauan lingkungan dan menghadapi keluhan dan protes masyarakat lingkungan.
4. Biaya karena pemakaian air untuk pencucian (kendaraan dan lain-lainnya).
5. Menjaga citra perusahaan untuk melakukan pendekatan kepada masyarakat, pemda dan instansi terkait lainnya.

2.8. Originalitas Penelitian

Penelitian sejenis telah dilakukan oleh :

- a) Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan dari kelas kerjasama UNDIP dan PT. Pupuk Kaltim atas nama Ir. Heri Subagio, M.Si. dengan judul tesisnya ”EVALUASI PROSES DI UNIT PRILLING TOWER SEBAGAI UPAYA MENGURANGI EMISI DEBU UREA DI PABRIK PUPUK KALTIM 1,2 DAN 3 (Studi kasus di PT. PKT, Bontang)”. Substansi dari penelitian ini adalah mengenai usaha pengurangan emisi debu urea dengan cara mengatur operasional peralatan pabrik yaitu dengan cara mengatur putaran *prilling bucket* dan peralatan lainnya.
- b) Dari internet belum di ketemukan ada tulisan atau makalah dengan topik permasalahan debu urea Dengan demikian penelitian ini merupakan awal dari penelitian yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut.

2.9. Rumusan Hipotesa

Rumusan hipotesa ini diperlukan untuk membuktikan secara rata-rata emisi debu urea yang di bandingkan dengan kriteria ambang batas Baku Mutu Nasional, sesuai ketentuan Undang Undang.

Perhitungan hipotesa ini dengan menggunakan program SPSS yang sesuai untuk menghitung rata-rata emisi debu urea ditiap-tiap pabrik, di bandingkan dengan baku mutu emisi untuk mengetahui tingkat peringkatnya menurut PROPER untuk masing – masing pabrik dan membandingkan antara satu pabrik dengan pabrik lainnya, sehingga program pengelolaannya dapat dilakukan berdasarkan skala prioritas sesuai kebutuhan.

Oleh karena metode analisa dan metode perhitungan dari pendataan yang ada masih belum seragam dengan metode yang baru maka dalam perhitungan nanti ada beberapa data yang akan dilakukan koreksi dengan angka faktor, agar supaya pada saat dilakukan hipotesis untuk dibandingkan terhadap Baku Mutu satuan emisi debu ureanya sudah sama.

Uji emisi debu urea untuk masing-masing pabrik akan dilakukan dengan metode statistik; jika hasil rata – ratanya, dalam mg/Nm^3 , lebih besar dari nilai baku mutu yang ditentukan maka pabrik tersebut akan menjadi menjadi prioritas utama dalam program penurunan emisi debu urea.

Bab III

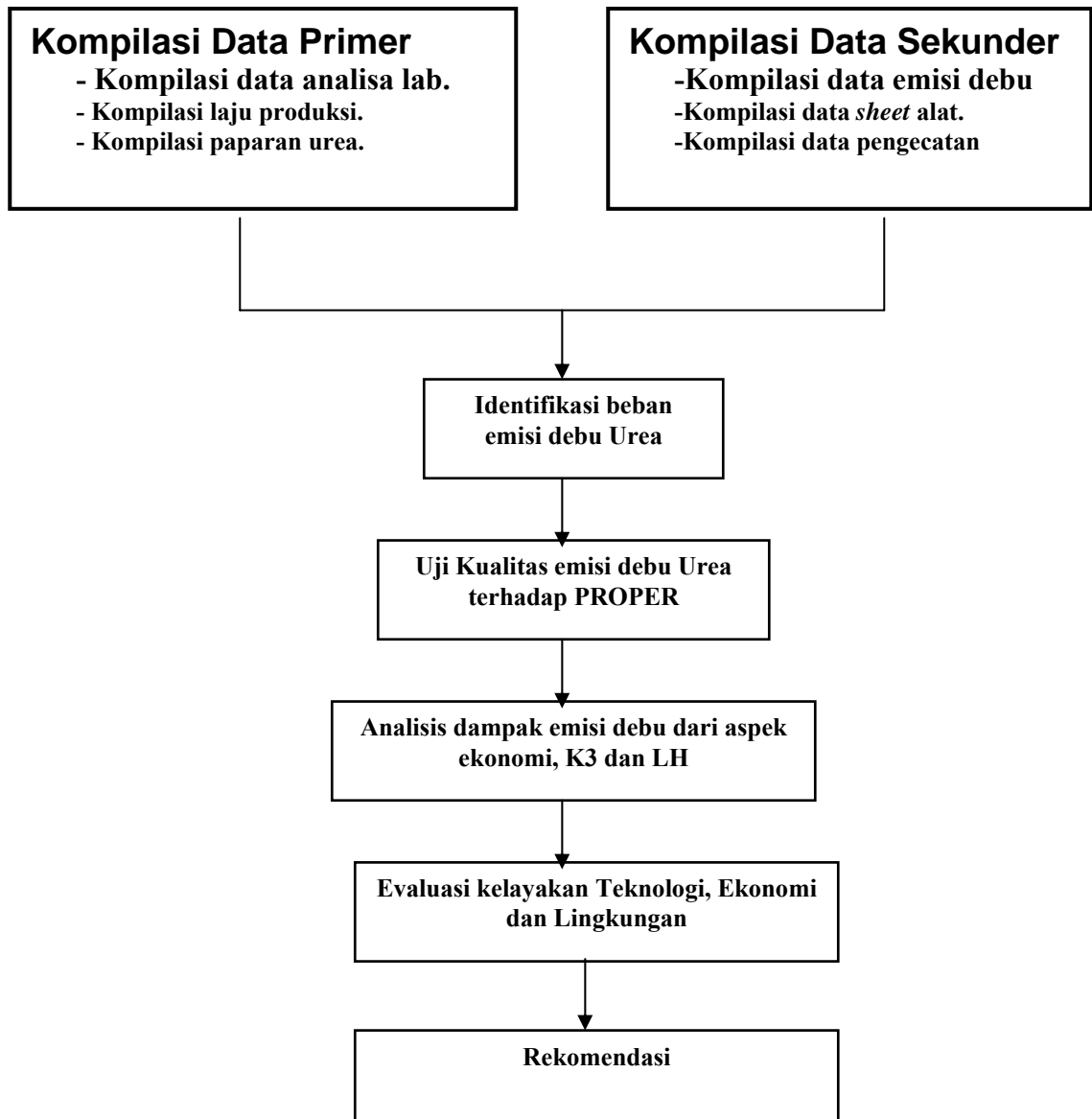
METODE PENELITIAN

3.1. Menyusun Rancangan Penelitian

Penelitian dimulai dari cara-cara sampling, kemudian cara melakukan analisa sample, selanjutnya melakukan perhitungan-perhitungan hasil analisa sehingga diperoleh angka-angka yang dapat dipakai sebagai olahan data evaluasi untuk mengambil keputusan perencanaan pengelolaan emisi debu urea agar dapat diminimisasi. Metode Penelitian dilakukan dengan metode Kuantitatif, dengan melakukan pendekatan penelitian secara eksperimental lapangan dan penelitian secara teoritis yaitu dengan cara **pengukuran langsung**, yaitu melakukan survai pengambilan sampel dilapangan yang serta menerapkan penelitian dengan cara melakukan studi kasus cara cara mengelola debu urea dari *Prilling Tower* pabrik yang keluar sebagai *emisi* setelah dilakukan *in-plant treatment*. Kondisi eksperimen dilapangan dari hasil penelitian ini merupakan pencerminan data operasional yang sebenarnya.

Kerangka analisis dilakukan agar langkah-langkah penelitian dapat dilakukan secara tepat dan runut, dimulai dengan melakukan kajian teori tentang proses timbulnya debu urea di pabrik Urea di Kaltim-1, Kaltim-2, kaltim-3, Kaltim-4 dan POPKA untuk selanjutnya dibuat perencanaan bagaimana cara melakukan pengelolaannya.

Pendekatan yang dilakukan untuk menyusun langkah-langkah penelitian seperti yang di uraikan diatas adalah melalui blok diagram pendekatan penelitian sebagai berikut :



Gambar-3.1 Diagram Alir Pendekatan Penelitian

Secara ringkas uraian pendekatan penelitian ini, dalam rangka pengumpulan data dapat dijabarkan sebagai berikut :

a. Kompilasi Data Primer atau Metode Pengukuran Langsung, aktifitasnya meliputi :

1. Pengumpulan data dari hasil analisa laboratorium setelah dilakukan sampling debu urea setiap pabrik sebanyak 10 sampel.
2. Mengukur debit aliran debu urea ke alat pengukur secara langsung dilapangan pada saat sampling dan data produksi harian pada saat yang sama
3. Pengumpulan data paparan urea kelingkungan tahun 2004-2005 untuk mendukung perhitungan secara teoritis.

Pengumpulan data primer ini, khususnya pada analisis emisi debu, dimaksudkan sebagai validasi data sekunder yang telah dikumpulkan sebelumnya.

b. Kompilasi Data Sekunder atau Metode Pendataan/Survei, dengan aktifitas berupa :

1. Pengumpulan data dari pencatatan emisi debu urea untuk tahun 2004 dan tahun 2005 dari masing-masing pabrik.
2. Mempelajari data *sheet ID Fan Prilling Tower* untuk mengetahui aliran emisi ke atmosfer dan jumlah debu Urea yang terbuang dari seluruh pabrik sehingga dapat diketahui inefisiensi dan potensi kehilangan produksinya.
3. Pengumpulan data tentang biaya pengecatan selama 3 (tiga) tahun terakhir.

c. Identifikasi Beban Emisi Debu Urea

1. Mengolah data analisis dari laboratorium dengan perhitungan berdasarkan rumus empiris sehingga data dari satuan berat per satuan waktu menjadi satuan berat persatuan volume udara.
2. Dengan menggunakan rumus empiris menghitung emisi debu urea dan menghitung faktor koreksi.
3. Melakukan *kompilasi* dari nilai-nilai hasil perhitungan diatas.

d. Uji Mutu Emisi Debu Urea terhadap PROPER, menggunakan metode analisis statistik , dengan aktifitas sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metoda statistik dilakukan uji emisi debu urea dibandingkan terhadap Baku Mutu Udara (BMU).

2. Mengambil kesimpulan hasil uji dibandingkan terhadap PROPER.
3. Melakukan evaluasi terhadap sistem pengoperasian pabrik dan prosedurnya serta keandalan dan tingkat efisiensinya.

e. Analisis dampak Emisi Debu Urea dari aspek Ekonomi, K3 dan LH.

Melakukan analisis dampak kerugian yang ditimbulkan oleh adanya emisi debu Urea ditinjau dari Aspek Ekonomi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup dengan menggunakan metode studi literatur dan metode analisis ekonomi.

f. Evaluasi Kelayakan Teknologi, Ekonomi dan Lingkungan

Dalam pemilihan peralatan proses untuk menurunkan emisi debu Urea menggunakan metode studi literatur, metode analisis ekonomi dan metode perancangan proses. Aktivitas yang dilakukan meliputi :

1. Melakukan kajian pemilihan proses yang sesuai untuk menurunkan kadar emisi debu Urea
2. Melakukan evaluasi rancangan proses dengan mempertimbangkan aspek Teknologi, Ekonomi, Lingkungan dan K3 serta aspek sosial (Prinsip produksi bersih).

g. Rekomendasi

Rekomendasi dan usulan diberikan dari hasil kajian dan evaluasi yang dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan seperti diuraikan diatas.

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

a. Materi/parameter yang diteliti

Materi/parameter yang diteliti adalah emisi debu urea dari *Prilling Tower* dan *granulator*, dan akibat yang ditimbulkan dari emisi tersebut, meliputi akibat langsung maupun tak langsung.

b. Sumber yang diteliti

Pabrik-pabrik yang diteliti semua unit urea di pabrik-pabrik Kaltim-1, pabrik kaltim-2, pabrik Kaltim-3, pabrik Kaltim-4 dan POPKA.

3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan di PT. Pupuk Kaltim, dengan pertimbangan :

- a. PT Pupuk Kaltim potensial mengeluarkan emisi debu urea yang jumlahnya berarti untuk dikurangi.
- b. Mudah untuk mendapatkan data sebab ada kerja sama Program MIL UNDIP dengan PT. Pupuk Kaltim.

3.4. Variabel Penelitian

Materi penelitian berupa cuplikan emisi debu urea pabrik Kaltim-1, pabrik Kaltim-2 pabrik Kaltim-3, pabrik Kaltim-4 dan POPKA secara proporsional yang diambil sebagai data sekunder pada pemantauan mingguan sejak tahun 2004 sampai dengan tahun 2005 dan sebagai data primer yang diambil 10 sampel untuk setiap pabrik. Pengukuran yang dilakukan berupa :

- a) Berat debu urea di alat *dust sampler* (satuan mg/jam).
- b) Laju alir udara emisi *ID fan prilling tower* (satuan m³/jam).
- c) Laju produksi dalam satuan ton/hari.
- d) Data biaya pengecatan setiap tahun sampai 3 tahun terakhir.
- e) Data emisi urea tahun 2004-2005.

Selanjutnya hasil pengukuran tersebut dikonversikan menjadi variabel-variabel yang akan di bandingkan terhadap **baku mutu udara** dan akan dilakukan studi literatur untuk membuat kajian alternatif-alternatif **perencanaan pengelolaannya** dengan memperhitungkan **valuasi ekonomi**.

3.5. Jenis dan Sumber Data

Pengambilan cuplikan emisi debu urea dilakukan pada :

- a. Sumber Data di Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3 : di Unit *Prilling Tower*.
- b. Sumber Data di Pabrik POPKA dan Pabrik Kaltim-4 : di Unit *Granulator*.

3.6. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipakai berupa peralatan *dust sampler* debu urea buatan LIPI, peralatan analisa laboratorium untuk analisa hasil sampling dan Alat ukur serta peralatan Keselamatan Kerja.

a). Peralatan Sampling emisi debu urea

Peralatan sampling debu urea yang dipakai berupa satu paket *dust sampler portable* yang dipasang pada *sampling point* di cerobong *ID fan prilling tower* maupun unit *granulator*.

b). Peralatan Analisa Laboratorium

Dalam penelitian ini hanya diperlukan untuk analisa urea, oleh karena itu metode analisa yang diperlukan menggunakan metode *ASTM D-1326*, yang mana dalam metode tersebut sudah dinyatakan prosedur dan peralatan laboratorium apa saja yang perlu digunakan.

c). Alat Keselamatan Kerja

Alat Keselamatan Kerja ini diperlukan selain mengikuti peraturan didalam pabrik juga sangat berguna untuk melindungi para petugas sampling agar terhindar dari bahaya semburan atau terkontaminasinya bagian tubuh seseorang yang sensitif terhadap amoniak, sebagai contoh digunakan : *safety hat*, *safety shoes*, pelindung mata, pelindung telinga, pelindung tangan dan *face masker*.

3.7. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sample untuk larutan yang mengandung amoniak dilakukan mengikuti prosedur *Work Instruction ISO 14001* yaitu dengan melengkapi alat pelindung diri, diantaranya masker wajah atau alat pelindung mata.

Untuk memperoleh data Primer maka pengambilan sampel dilakukan 2X dalam seminggu selama 1 bulan pada keadaan pabrik sedang dalam keadaan tunak sebagai data primer yang dilakukan *cross-check* terhadap data sekunder yang telah dilakukan seminggu sekali.

3.8. Teknik Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data dilakukan dengan model observasi lapangan yaitu mengambil sampel semester ke-2 tahun 2006 sebagai data primer dan mendapatkan data sekunder yang dikumpulkan selama tahun 2004 – 2005 sebagai data sekunder. Data tersebut dikumpulkan dari Biro K3LH dan atau laboratorium PT. Pupuk Kaltim dari laporan hasil analisa serta studi literatur. Disamping itu perlu dicari data biaya pengecatan dan perbaikan peralatan yang ditimbulkan oleh emisi debu Urea untuk evaluasi keekonomiannya.

3.9. Teknik Analisa Data

Data yang telah diambil berupa data mentah harus dihitung lebih dulu faktor koreksi untuk mengkonversi model perhitungan lama dengan model perhitungan baru yang lebih akurat, kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan program SPSS untuk mengetahui sampai sejauh mana kualitas emisi debu terhadap Baku Mutu Lingkungan. Hasil keluaran data dilakukan evaluasi pengaruhnya terhadap lingkungan sehingga dapat diambil keputusan alternatif pengelolaannya dengan menggunakan peralatan yang tepat setelah dilakukan kaji *engineering* dengan memperhatikan aspek efisiensi, K3 dan lingkungan serta faktor sosial.

Bab IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembahasan untuk evaluasi hasil penelitian ini dilakukan setelah penelitian dan pengumpulan data, oleh karena itu dalam pembahasan disampaikan evaluasi hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu :

1. Melakukan identifikasi beban emisi debu urea di unit *prilling tower* dan unit *granulator* sehingga dapat diketahui seberapa banyak yang terbang keluar kelingkungan dan dicari sumbernya dari masing – masing pabrik.
2. Melakukan uji kualitas emisi debu urea yang di keluarkan dan dibandingkan terhadap baku mutu emisi apakah memenuhi kriteria baku mutu emisi debu urea, untuk menentukan peringkat PROPER, selain itu juga melakukan uji kualitas emisi debu urea untuk membandingkan antar pabrik.
3. Melakukan analisis terhadap sumber akibat emisi debu sampai dengan 5 tahun terakhir dari aspek keekonomian dalam bentuk perhitungan biaya pengecatan.
4. Melakukan analisis kelayakan teknologi, lingkungan dan ekonomi peralatan proses yang sesuai yaitu di tambahkan peralatan Urea Dust Scrubber, untuk menurunkan emisi debu urea, dan memperhitungkan *benefit nya* dalam bentuk rupiah.

4.1. Identifikasi beban emisi debu urea di unit *Prilling Tower* dan *Granulator*

Dalam melakukan identifikasi ini dilakukan pengambilan data primer dan data data sekunder. Untuk evaluasi ini digunakan data primer sebagai pembanding data sekunder untuk mengetahui sampai sejauh mana akurasi *recording* data sekunder.

4.1.1. Identifikasi emisi debu urea data sekunder tahun 2004-2005

Selain menggunakan **metode pengumpulan data** terhadap hasil pencatatan tahun 2004-2005 dilakukan juga **metode pengukuran langsung** dengan pengambilan sampel secara visual sebanyak 10 sampel setiap unit pabrik, jadi totalnya untuk pabrik Kaltim-1,2,3,4, dan POPKA ada 50 sampel sebagai bahan komparasi dari data penelitian. Kemudian data pencatatan tersebut di lakukan klarifikasi dan kalkulasi

ulang dengan cara seperti pada **lampiran-1 butir 2.2**, maka hasilnya seperti yang terlihat pada tabel-4.1 dan tabel-4.2 sebagai berikut :

Tabel-4.1 : Data emisi debu urea prill Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3

Bulan	Kaltim-1, mg/Nm ³		Kaltim-2, mg/Nm ³		Kaltim-3, mg/Nm ³	
	asli	koreksi	asli	koreksi	asli	koreksi
Jan 04		73,37[*]	18,43	6,80	209,48	77,30
Peb 04	207,53	76,58	91,79	33,87	171,62	63,33
Mart 04	286,99	105,90	58,25	21,49	139,82	51,59
Apr 04	164,00	60,52	398,81	147,16	149,65	55,22
Mei 04	477,60	176,23	98,81	36,46	164,69	60,77
Juni 04	269,35	99,39	2,32	0,86	205,86	75,96
Juli 04	214,10	79,00	10,20	3,76	74,10	27,34
Ags 04	138,33	51,04	8,38	3,09	39,61	14,62
Sept 04		73,37[*]	12,58	4,64	79,64	29,39
Okt 04	113,18	41,76	10,20	3,76	62,88	23,20
Nop 04	75,45	27,84	8,38	3,09	33,53	12,37
Des 04	41,92	15,47	12,58	4,64	36,39	13,43
TOTAL		733,74		269,64		504,52
Rata2/hari		73,37[*]		22,47		42,04
Jan 05		66,50[*]		25,78[*]		34,66[*]
Peb 05		66,50[*]		25,78[*]		34,66[*]
Mart 05	55,55	20,50	45,45	16,77	178,16	65,74
Apr 05	208,74	77,03	106,42	39,27	66,82	24,66
Mei 05	80,80	29,82	61,39	22,65	30,64	11,31
Juni 05	333,56	123,08	27,83	10,27	92,99	34,31
Juli 05	420,66	155,22	125,80	46,42	223,10	82,32
Ags 05	274,00	101,11	80,20	29,59	100,28	37,00
Sept 05	118,12	43,59	67,29	24,83	83,10	30,66
Okt 05	103,93	33,35	67,60	24,94	61,96	22,86
Nop 05	104,69	38,63	70,49	26,01	22,28	8,22
Des 05	102,13	37,69	46,29	17,08	79,96	29,51
TOTAL		665,00		257,84		346,60
Rata2/hari		66,50[*]		25,78[*]		34,66[*]

Sumber : Biro K3LH & Lab. PT. Pupuk Kaltim

Keterangan : *) tidak ada data analisa, di asumsi dengan nilai rata-rata

Tabel-4.2 : Data emisi debu urea granul Pabrik POPKA dan Kaltim-4

Bulan	POPKA, mg/Nm ³		Kaltim-4, mg/Nm ³	
	asli	koreksi	asli	koreksi
Jan 04	22,30	16,83	28,36	21,40
Peb 04	22,86	17,25	27,94	21,08

Mart 04		12,81*)	26,09	19,69
Apr 04		12,81*)	37,27	28,12
Mei 04	36,60	27,61	57,64	43,49
Juni 04		12,81*)	16,47	12,43
Juli 04	8,20	6,19		23,08*)
Ags 04	16,77	12,65	41,92	31,63
Sept 04	12,58	9,49		23,08*)
Okt 04	12,58	9,49	54,49	41,11
Nop 04	8,38	6,32	7,89	5,95
Des 04	12,58	9,49	7,89	5,95
TOTAL		115,32		230,84
Rata2/hari		12,81*)		23,08*)
Jan 05		21,15*)	28,93	16,82*)
Peb 05		21,15*)	28,65	16,82*)
Mart 05	19,58	14,77	18,58	21,83
Apr 05		21,15*)	37,09	21,62
Mei 05	27,47	20,73	42,45	14,02
Juni 05	10,21	7,70	13,64	27,98
Juli 05		21,15*)	15,13	32,03
Ags 05	29,20	22,03	13,17	10,39
Sept 05	30,40	22,94	14,65	11,42
Okt 05	19,90	15,01	10,71	9,94
Nop 05	60,65	45,76		11,05
Des 05	26,81	20,23		8,08
TOTAL		169,17		168,25
Rata2/hari		21,15*)		16,82*)

Sumber : Biro K3LH & Lab. PT. Pupuk Kaltim.

Keterangan : *) tidak ada data analisa, di asumsi dengan nilai rata-rata.

Tabel-4.1 dan tabel-4.2 adalah data sekunder tahun 2004-2005 untuk pabrik urea Kaltim-1,2,3,4, dan POPKA, dari tabel tersebut nampak emisi debu urea Kaltim-1 merupakan emisi tertinggi dibandingkan keempat pabrik lainnya yaitu sebesar 73,37 mg/Nm³ untuk tahun 2004 dan 66,5 mg/Nm³ untuk tahun 2005, sementara itu untuk keempat pabrik lainnya nilainya berkisar antara 12,81 – 42,04 mg/Nm³. Disamping itu dilihat dari sumbernya emisi debu urea yang keluar dari prilling tower (Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3) relatif lebih besar dibandingkan dengan yang keluar dari unit granulasi (POPKA dan kaltim-4).

Dari data pada tabel-4.1 dan tabel-4.2 tersebut setelah dihitung dengan **metode analisis statistik** (SPSS for Window versi 11.0) maka diperoleh hasil rangkuman data seperti pada tabel-4.3 sebagai berikut :

Tabel-4.3 : Rangkuman statistik data sekunder tahun 2004-2005

Statistics

		UK1,mg/Nm3	UK2,mg/Nm3	UK3,mg/Nm3	Upk,mg/Nm3	UK4,mg/Nm3
N	Valid	24	24	24	24	24
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		69,7288	24,1254	38,3513	16,9800	19,9587
Std. Deviation		41,09140	29,31922	22,59361	8,49743	10,28420
Minimum		15,47	,86	8,22	6,19	5,95
Maximum		176,23	147,16	82,32	45,76	43,49
Percentiles	25	37,9250	4,6400	22,9450	10,2800	11,1425
	50	66,5000	22,0700	32,4850	15,9200	20,3850
	75	94,2925	28,6950	59,3825	21,1500	26,7550

Keterangan :

UK1 = Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-1.

UK2 = Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-2.

UK3 = Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-3.

Upk = Emisi Debu Urea Pabrik POKA.

UK4 = Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-4.

Jumlah data masing-masing unit N = 24.

Perolehan data sekunder tahun 2004-2005 tersebut merupakan data analisa laboratorium yang dihitung kembali karena penyesuaian perlakuan terhadap sampling data primer, sebenarnya data tersebut diperlukan untuk penilaian PROPER karena pada tahun 2004-2005 masih menggunakan peralatan, sampling dan **metode analisis laboratorium** (Standar JCE) **LAMA** yang kurang akurat dibandingkan dengan pengambilan data primer yang sudah menggunakan peralatan, sampling dan **metode analisis laboratorium** (Standar JIS) **BARU** yang lebih akurat, penjelasan rinci dapat dilihat pada **lampiran-1 butir II**.

Oleh karena data sekunder tahun 2004-2005 ini masih menggunakan faktor-faktor koreksi maka data tersebut perlu dibandingkan data primer yang murni dari analisa laboratorium.

4.1.2. Identifikasi emisi debu urea dari data primer

Dalam Identifikasi ini menggunakan **metode pengukuran langsung** yang pengukurannya dilakukan pada tanggal 07 September sampai dengan tanggal 24 Oktober, jumlah sampel yang diambil sebanyak 10 sampel untuk masing-masing pabrik, namun oleh karena pabrik yang diteliti harus dalam keadaan *steady state* atau beroperasi normal maka tanggal pengambilan sampel berbeda, hal ini disebabkan adanya pabrik yang sedang dalam keadaan *shut-down* sehingga pengambilan sampelnya terpaksa tertunda, selain dari pada itu karena peralatan pengukur debu urea hanya ada 2 unit sedangkan yang akan diukur ada 5 lokasi maka tanggal pengukuran juga berbeda, namun jumlah sampel tetap konsisten masing-masing sebanyak 10 sampel.

Untuk memudahkan evaluasi dalam bentuk matriks maka rangkumannya berdasarkan nomor sampel, karena masing-masing sampel jumlahnya tetap 10, hal ini ditunjukkan dalam tabel-4.4 dan tabel-4.5 sebagai berikut :

Tabel-4.4 : Hubungan antara nomor sampel dan tanggal pengambilan

Nomor sampel	Tanggal/bulan pengambilan sampel tahun 2006				
	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
1	07 Sept.	16 Sept.	09 Sept.	26 Sept.	17 Sept.
2	08 Sept.	17 Sept.	11 Sept.	27 Sept.	18 Sept.
3	25 Sept.	18 Sept.	12 Sept.	28 Sept.	19 Sept.
4	26 Sept.	19 Sept.	13 Sept.	29 Sept.	20 Sept.
5	27 Sept.	20 Sept.	14 Sept.	30 Sept.	21 Sept.
6	28 Sept.	21 Sept.	15 Sept.	01 Okt.	04 Okt.
7	29 Sept.	22 Sept.	16 Sept.	02 Okt.	05 Okt.
8	30 Sept.	23 Sept.	17 Sept.	03 Okt.	06 Okt.
9	01 Okt.	24 Sept.	23 Okt.	04 Okt.	07 Okt.
10	02 Okt.	25 Sept.	24 Okt.	05 Okt.	08 Okt.

Sumber : Data Primer, 2006

Tabel-4.5 : Hubungan antara nomor sampel dan hasil sampling emisi debu urea

Nomor sampel	Emisi Debu Urea, mg/Nm ³				
	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
1	95,35	71,86	70,64	35,75	37,66
2	111,35	79,39	69,81	35,18	34,48
3	109,13	81,36	61,34	34,25	33,56
4	108,07	80,07	58,50	31,75	34,76
5	107,55	79,77	62,18	29,60	32,05
6	112,40	80,37	67,56	28,64	33,70
7	105,79	80,97	70,23	33,07	35,86
8	106,39	80,25	67,77	32,21	38,66
9	109,38	83,26	68,39	34,14	38,20
10	114,72	86,27	71,07	35,82	35,14

Sumber : Data Primer, 2006

Tabel-4.4 : Pada kolom satu menunjukkan nomor sampel yang diambil, yaitu masing-masing ada 10 sampel, sedangkan pada kolom dua menunjukkan tanggal pengambilan sampel masing-masing pabrik.

Tabel-4.5 : Pada kolom satu menunjukkan jumlah sampel yang diambil, yaitu masing-masing 10 sampel, sedangkan pada kolom dua menunjukkan konsentrasi emisi debu urea masing-masing pabrik

Dari data pada tabel-4.5 tersebut setelah dihitung dengan **metode statistik** (program SPSS for Window versi 11.0) maka diperoleh hasil rangkuman data seperti pada tabel-4.6 sebagai berikut :

Tabel-4.6 : Rangkuman statistik data primer September-Oktober 2005

Statistics		PR1,mg/Nm3	PR2,mg/Nm3	PR3,mg/Nm3	PPR,mg/Nm3	PR4,mg/Nm3
N	Valid	10	10	10	10	10
	Missing	14	14	14	14	14
Mean		108,0130	80,3570	66,7490	33,0410	35,4070
Std. Deviation		5,23478	3,62622	4,44560	2,49162	2,17583
Minimum		95,35	71,86	58,50	28,64	32,05
Maximum		114,72	86,27	71,07	35,82	38,66
Percentiles	25	106,2400	79,6750	61,9700	31,2125	33,6650
	50	108,6000	80,3100	68,0800	33,6050	34,9500
	75	111,6125	81,8350	70,3325	35,3225	37,7950

Keterangan :

PR1 = Data Primer Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-1.

PR2 = Data Primer Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-2.

PR3 = Data Primer Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-3.

PPR = Data Primer Emisi Debu Urea Pabrik POKA.

PR4 = Data Primer Emisi Debu Urea Pabrik Kaltim-4.

Jumlah data masing-masing unit N = 10.

4.1.3. Perbandingan akurasi antara data sekunder dan primer

Rangkuman dari hasil identifikasi data sekunder dan data primer pada butir 4.1.1 dan butir 4.1.2 diatas akan diuji dalam bentuk matriks agar lebih mudah untuk menentukan perlakuan terhadap masing-masing data, matriks tersebut disusun dalam tabel-4.7 sebagai berikut :

Tabel-4.7 : Perbandingan antara hasil identifikasi data sekunder dan data primer

Parameter	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
<u>Data Sekunder</u>					
Rata-rata, mg/Nm ³	69,73	24,13	38,35	16,98	19,96
Standar deviasi	41,09	29,32	22,59	8,50	10,28
Minimum, mg/Nm ³	15,47	0,86	8,22	6,19	5,95
Maksimum, mg/Nm ³	176,23	147,16	82,32	45,76	43,49
<u>Data Primer</u>					
Rata-rata, mg/Nm ³	108,01	80,36	66,75	33,04	35,41
Standar deviasi	5,23	3,63	4,45	2,49	2,18

Minimum, mg/Nm ³	95,35	71,86	58,50	28,64	32,05
Maksimum, mg/Nm ³	114,72	86,27	71,07	35,82	38,66

Sumber : Hasil Analisis, 2006

Dari data tabel-4.7 diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Kaltim-1 :

1. Pada data primer standar deviasi nya jauh lebih rendah dibanding data sekunder.
2. Pada data primer nilai rata-rata dan nilai maksimum konsisten sama-sama berkategori **hijau** didalam standar PROPER, sedangkan pada data sekunder berlainan yaitu berkategori antara hijau dan emas.
3. Dari data diatas, dalam evaluasi selanjutnya akan dipakai **data primer**.

b. Kaltim-2 :

1. Pada data primer standar deviasi nya jauh lebih rendah dibanding data sekunder.
2. Pada data primer nilai rata-rata dan nilai maksimum konsisten sama-sama berkategori **emas** didalam standar PROPER, sedangkan pada data sekunder berlainan yaitu berkategori antara hijau dan emas.
3. Dari data diatas, dalam evaluasi selanjutnya akan dipakai **data primer**.

c. Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4 :

1. Pada data primer standar deviasi nya jauh lebih rendah dibanding data sekunder.
2. Parameter yang lain tidak ada perbedaan.
3. Dari data diatas, untuk evaluasi selanjutnya akan dipakai **data primer**.

Dari pembahasan tersebut diatas maka untuk melakukan evaluasi dan pembahasan paparan debu urea ke lingkungan dan uji kualitas akan digunakan **data primer** karena lebih akurat.

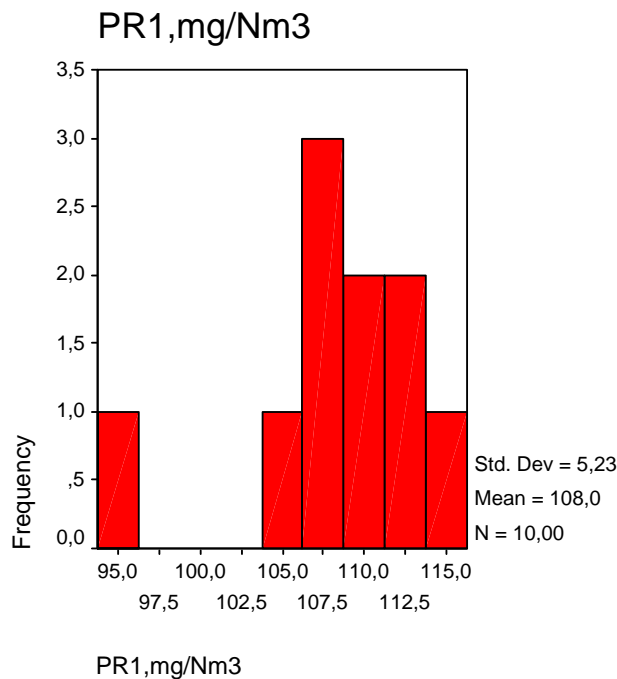
4.1.4. Identifikasi data primer untuk uji kualitas dan kalkulasi paparan

Hasil dari identifikasi data primer tersebut akan dibandingkan dengan kriteria peringkat PROPER beserta batasan-batasannya. Adapun penilaian PROPER dikategorikan sebagai berikut :

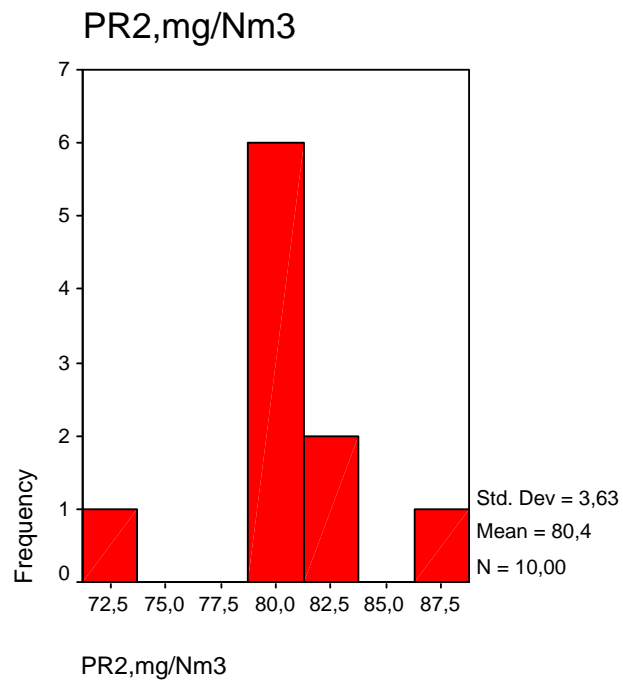
- a. **Peringkat emas**, bilamana pencapaian kualitas emisi debu urea minimal 20 % dari BMU atau maksimum 100 mg/Nm³.
- b. **Peringkat hijau**, bilamana pencapaian kualitas emisi debu urea minimal 50 % dari BMU atau maksimum 250 mg/Nm³.
- c. **Peringkat biru**, bilamana pencapaian kualitas emisi debu urea minimal 100 % dari BMU atau maksimum 500 mg/Nm³.
- d. **Peringkat merah**, bilamana pencapaian kualitas emisi debu urea minimal 500 % dari BMU atau maksimum 2500 mg/Nm³.

- e. **Peringkat hitam**, bilamana pencapaian kualitas emisi debu urea diatas 500 % dari BMU atau diatas 2500 mg/Nm³.

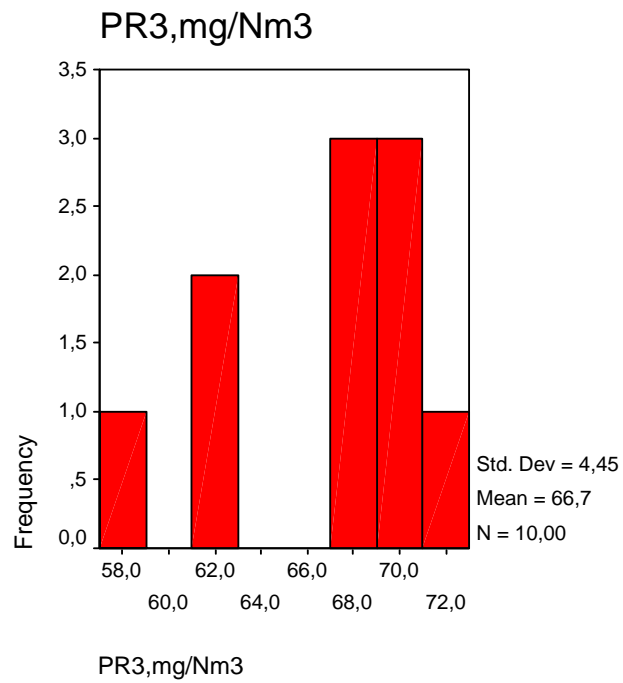
Melihat hasil perhitungan emisi debu urea dari SPSS pada data primer menunjukkan bahwa nilai rata-rata (*Mean*) yang paling tinggi berada di unit urea pabrik Kaltim-1 = 108,01 mg/Nm³ , namun masih pada peringkat hijau, sedangkan pabrik yang lain sudah masuk ke peringkat emas. Dengan **metode statistik** dapat dilihat validasinya dengan mengevaluasi gambaran frekuensi parameter kualitas emisi dalam bentuk histogram sebagai berikut :



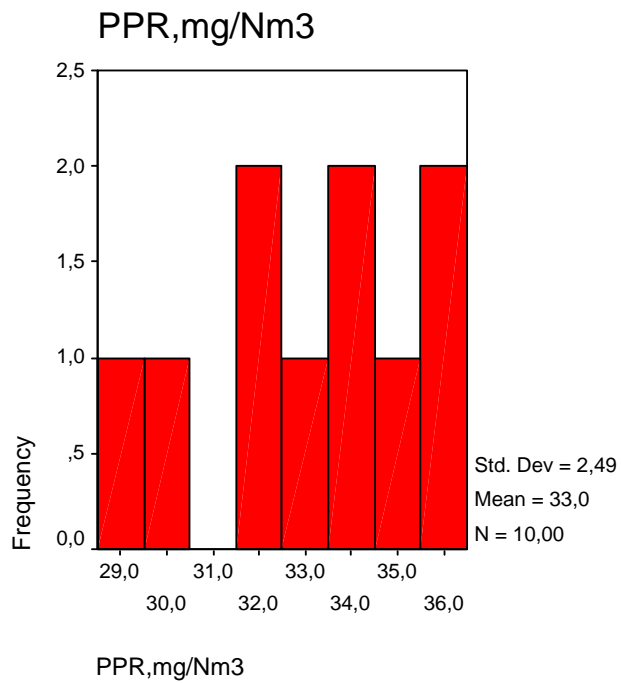
Gambar-4.1 : Frekuensi data *versus* emisi debu urea pabrik Kaltim-1



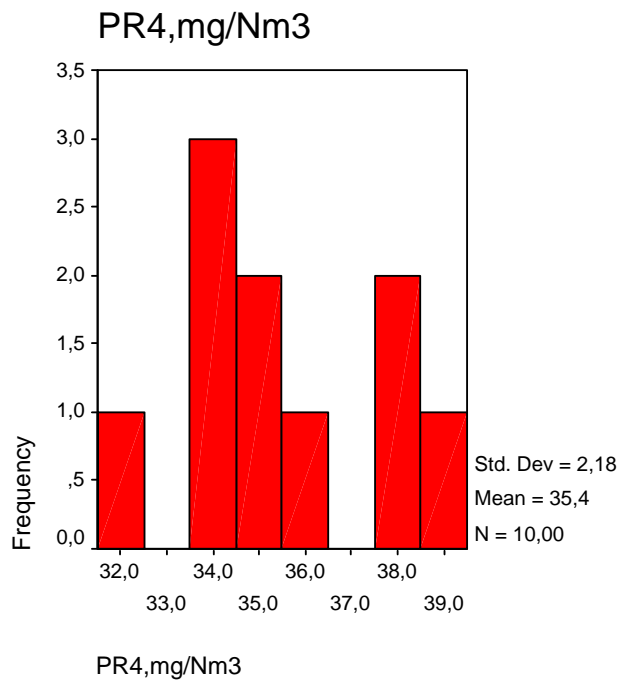
Gambar-4.2 : Frekuensi data *versus* emisi debu urea pabrik Kaltim-2



Gambar-4.3 : Frekuensi data *versus* emisi debu urea pabrik Kaltim-3



Gambar-4.4 : Frekuensi data *versus* emisi debu urea pabrik POPKA



Gambar-4.5 : Frekuensi data *versus* emisi debu urea pabrik Kaltim-4

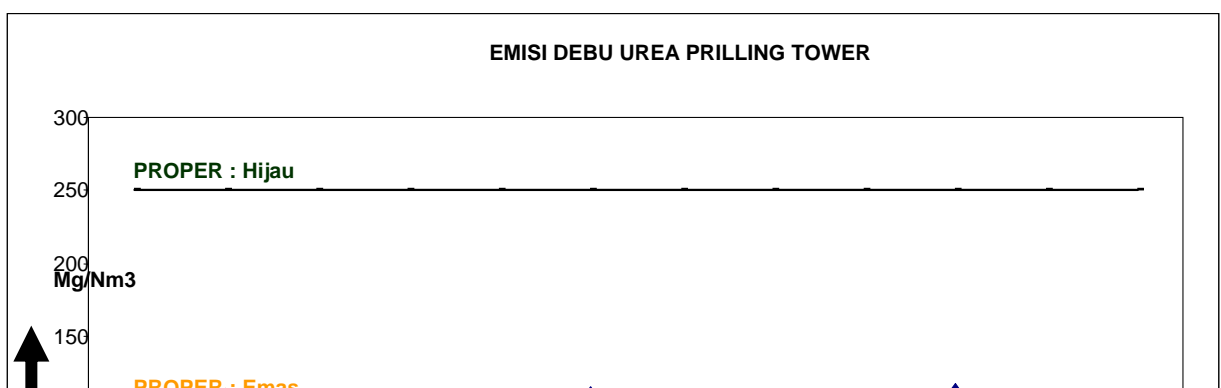
Dari gambar Histogram tersebut diatas dapat dijelaskan hal – hal sebagai berikut : :

- Pada gambar-4.1 emisi debu urea prill pabrik Kaltim-1 terlihat bahwa nilai rata-ratanya sebesar $108,1 \text{ mg/Nm}^3$. Jika dilihat frekuensinya relatif merata kearah katagori **hijau** pada peringkat PROPER yang nilainya diatas 100 mg/Nm^3 sehingga masih berpeluang untuk termasuk katagori **hijau**.
- terlihat bahwa nilai emisi debu urea frekuensinya relatif merata kearah katagori **emas** pada peringkat PROPER yang nilainya dibawah 100 mg/Nm^3 sehingga masih berpeluang untuk termasuk katagori **emas**.

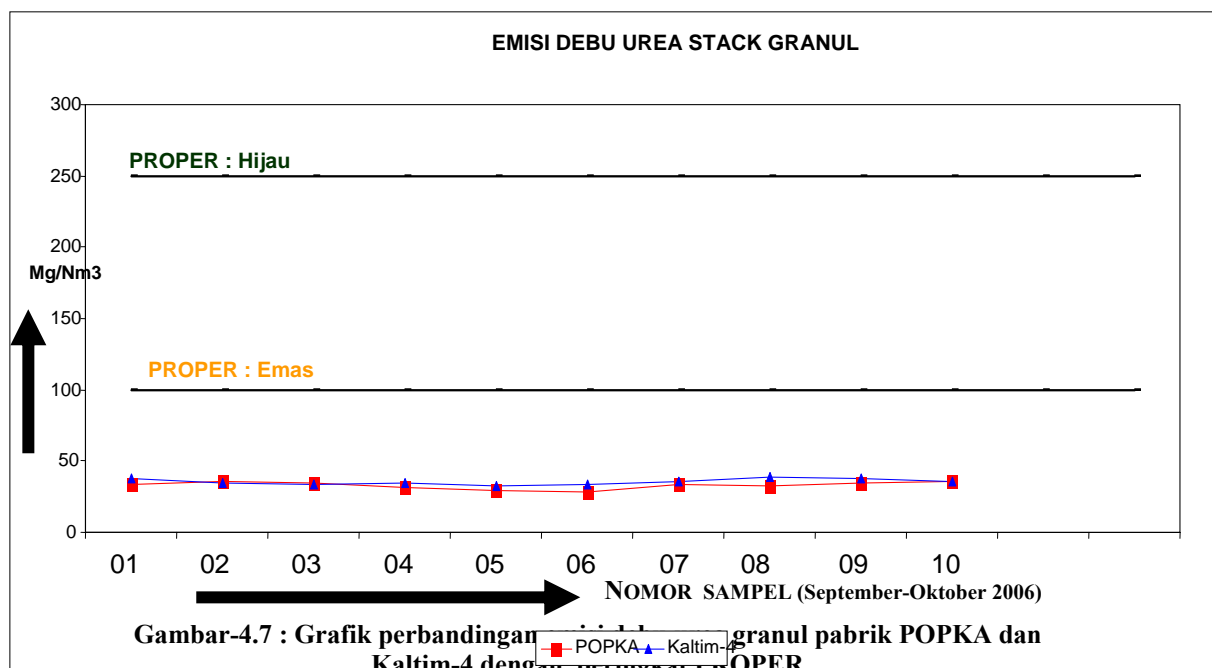
Untuk dapat memberikan gambaran umum hubungan antara emisi debu urea dengan standar PROPER maka pada masing-masing unit di ilustrasikan dalam bentuk gambar seperti pada gambar-4.6 dan gambar-4.7.

Pada gambar-4.6 terlihat bahwa emisi debu urea *prilling tower* pabrik Kaltim-1 posisinya masih pada katagori **hijau** untuk peringkat PROPER, sedangkan untuk emisi debu urea *prilling tower* pabrik Kaltim-2 dan Kaltim-3 posisinya sudah bagus yaitu sudah mencapai **emas**.

Pada gambar-4.7 terlihat bahwa emisi debu urea **granulasi** pabrik POPKA dan pabrik Kaltim-4 posisinya sudah bagus yaitu sudah mencapai **emas** untuk PROPER.



Gambar-4.6 : Grafik perbandingan emisi debu urea prill pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 dengan peringkat PROPER



Gambar-4.7 : Grafik perbandingan emisi debu urea granul pabrik POPKA dan Kaltim-4 dengan peringkat PROPER

4.1.5. Kalkulasi paparan debu urea dari data primer emisi debu urea

Debu urea yang utamanya berasal dari unit *Prilling Tower* akan memapari atmosfer lingkungan sekitar PT. Pupuk Kaltim diantaranya daerah pemukiman Loktuan maupun Guntung, oleh karena itu dilakukan kalkulasi dengan **metode literatur** dimana metode ini dilakukan karena **metode pengukuran langsung** tidak dapat dilakukan karena sampai saat ini belum ditemukan alat sampling debu urea diudara *ambient* bahkan pada evaluasi dokumen SEL Kompleks Industri PT. Pupuk Kaltim untuk paparan debu urea ini dilakukan kalkulasi dengan **metode literatur**, tidak dilakukan dengan **metode pengukuran langsung**, sehingga dengan demikian di PT. Pupuk Kaltim tidak pernah ada data sekunder.

Kalkulasi paparan ini sangat diperlukan untuk mengetahui sampai sejauh mana dampaknya terhadap lingkungan sekitar pabrik terutama dipemukinan, hasil perhitungan ini juga dapat dibandingkan baku mutu pemukiman sesuai Surat Keputusan **Gubernur Kaltim No. 339 th. 1988 lampiran IV, Tentang baku mutu lingkungan untuk debu maksimum di pemukiman** yaitu sebesar $0,26 \text{ mg/Nm}^3$ untuk waktu paparan 24 jam serta SE-02/Men/78 Menakertranskop yaitu sebesar 10 mg/Nm^3 untuk waktu paparan 8 jam.

Selain itu hasil kalkulasi ini juga dapat melihat profil paparan debu urea dan dapat dibandingkan dengan data sekunder yaitu data pemantau paparan debu urea ke pemukiman yang dilakukan setiap bulan sekali.

Untuk menghitung paparan debu urea ini diperlukan data utama dari data primer tabel-4.6 dan data pendukungnya dari data pemantauan debu urea bulanan yang dilakukan oleh PT. Pupuk kaltim.

Mekanisme pemaparan debu urea ke udara ini didekati dengan teori **Persamaan kepulan Asap Industri** yang didalamnya mendukung beberapa teori, sedangkan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk kalkulasi ini adalah dengan menghitung lebih dahulu paparan diatas unit *prilling tower* dan unit granulator kemudian dilanjutkan dengan menghitung paparan debu urea ke pemukiman. Langkah-langkah perhitungan tersebut sebagai berikut :

B. Melakukan pendataan data variabel dan konstanta

a. Data konstanta yang dicari adalah :

- Percepatan gravitasi = $g = 9,8 \text{ m/detik}^2 = 980 \text{ cm/detik}^2$.
- Faktor dispersi utk debu = $p/q = 0,63$ (*Industrial Pollution Control HB*, pg.7-17)
- BM Urea = 60 gram/mol.
- Diameter butiran debu rata-rata = 1 mikron (Analisa laboratorium PKT).
- Kecepatan angin rata-rata ketinggian $H_{\text{eff}} = u = 2,3708 \text{ m/detik}^*) = 6,6192 \text{ fps}^*)$ Data dari Laboratorium PT. Pupuk Kaltim, kecepatan angin rata-rata pada bulan September-Oktober sebesar : $(7,85 + 9,16 + 7,88 + 9,25)/4 \text{ km/jam} = 8,53 \text{ km/jam} = 2,3708 \text{ m/detik}$
- *Terminal settling velocity* = $V_s = 10^{-3} \text{ ft/sec} = 0,305 \text{ m/detik}$.
(*Perry's* edisi 4, hal 5-67, fig. 5-80, untuk suhu 70°F dan dp 1 mikron).
- Diameter butiran debu rata-rata = $dp = 1 \text{ mikron}$.
- Asumsi untuk paparan debu : Koefisien dispersi horizontal (T_y) =
Koefisien dispersi vertical (T_z) = $0,1 \times$

b. Data variabel yang dicari adalah :

Data variabel ini diambil dari perhitungan rata-ratanya dan perhitungan lainnya yang dapat di gambarkan pada tabel-4.8, yaitu :

Tabel-4.8 : Data variabel pendukung perhitungan paparan debu

Parameter	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
1. Menara pembutir ¹⁾ :					
• Tinggi , meter	45,1867	87,6	79	39	34,964
• Diameter cerobong , meter	1,995	2	2	2,9	3,15
2. Debit urea ²⁾ , kg/hari					
3. Kecepatan linear ³⁾ , m/dt	1.602,81	1.192,42	990,49	164,81	176,61
4. Emisi debu ⁴⁾ , mg/Nm ³	13,73	14,24	14,24	8,74	7,41
	108,01	80,36	66,75	33,04	35,41

Keterangan Tabel :

- ¹⁾ Data tinggi dan diameter menara pembutir diambilkan dari data *sheet* peralatan di dokumen *Technical file* PT. Pupuk Kaltim.
- ²⁾ Data debit diambil dari **lampiran-1 butir 1.2** pada **tabel-3 dan tabel-4** sebagai berikut :

Tabel-4.9 : Data primer debu urea prill Pabrik Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3, setiap hari tahun 2006

Nomor sampel	Kaltim-1		Kaltim-2		Kaltim-3	
	mg/Nm ³	Kg/hari	mg/Nm ³	Kg/hari	mg/Nm ³	Kg/hari
1	95,35	1.414,90	71,86	1.066,33	70,64	1.048,23
2	111,35	1.652,32	79,39	1.178,07	69,81	1.035,91
3	109,13	1.619,38	81,36	1.207,30	61,34	910,22
4	108,07	1.603,65	80,07	1.188,16	58,50	868,08
5	107,55	1.595,94	79,77	1.183,71	62,18	922,69
6	112,40	1.667,90	80,37	1.192,61	67,56	1.002,52
7	105,79	1.569,82	80,97	1.201,51	70,23	1.042,14
8	106,39	1.578,72	80,25	1.190,83	67,77	1.005,64
9	109,38	1.623,09	83,26	1.235,50	68,39	1.014,84
10	114,72	1.702,33	86,27	1.280,16	71,07	1.054,61
Rata2/hari	108,01	1.602,81	80,36	1.192,42	66,75	990,49

Tabel-4.10 : Data primer debu urea granul Pabrik POPKA dan Kaltim-4 tahun 2006

Nomor sampel	POPKA		Kaltim-4	
	mg/Nm ³	Kg/hari	mg/Nm ³	Kg/hari

1	35,75	178,32	37,66	187,85
2	35,18	175,48	34,48	171,99
3	34,25	170,84	33,56	167,40
4	31,75	158,37	34,76	173,38
5	29,60	147,65	32,05	159,87
6	28,64	142,86	33,70	168,10
7	33,07	164,95	35,86	178,87
8	32,21	160,66	38,66	192,84
9	34,14	170,29	38,20	190,54
10	35,82	178,67	35,14	175,28
Rata2/hari	33,04	164,81	35,41	176,61

Narasi tabel-4.9 dan tabel-4.10 ada pada lampiran-1 tabel-3 dan tabel-4.

- ³⁾ Kecepatan linear ini dihitung berdasarkan rumus :

$$V_o = q_a = G / (1/4 \pi d^2).$$

G = Kapasitas/kecepatan fan, untuk *prilling tower* = 154.573 m³/jam.

untuk *granulasi* = 207.835,1 m³/jam.

d = diameter cerobong fan (lihat tabel-4.8).

Contoh kasus untuk Kaltim-1 :

$$V_o = q_a = 154.573 / (1/4 \pi \times 1,995^2) / 3600 \text{ m/det} = 13,73 \text{ m/det}$$

Analog dengan perhitungan tersebut didapat rangkuman seperti pada tabel-4.8

- ⁴⁾ Emisi debu urea dapat diambil dari tabel-4.9 tabel-4.10

C. Perhitungan paparan debu urea diatas *Prilling Tower* dan *Granulator*

Untuk perhitungan paparan debu urea dari emisi ke udara digunakan persamaan dari Bosanquet Pearson (Lund, Herbert F, 1971) rumus ini berguna untuk mengetahui titik awal paparan setelah keluar dari sumber atau setelah emisi. Rumus dan perhitungannya adalah :

$$H_{eff} = (H_{prilling} + H_{max}) \dots\dots\dots 1)$$

Rumus lain yang mendukung perhitungan dengan menggunakan rumus *Bosanquet Pearson* adalah rumus untuk menghitung *Hmaks*, dimana yang dimaksud *Hmaks* disini adalah paparan debu urea keatas yang disebabkan oleh dorongan *blower* keatas *prilling tower*.

Adapun rumus *Hmaks* tersebut sebagai berikut :

$$H_{max} = V_o^2 / 2 / g \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan :

H_{max} = tinggi tebaran keatas yang disebabkan oleh *force draft*, meter

g = Percepatan gravitasi, m/detik²

V_o = Kecepatan debu emisi keluar *prilling tower*, m/detik

H_{eff} = Jarak tertinggi pada titik akhir konsentrasi debu urea, ft

Hasil perhitungan H_{eff} ini dipakai untuk *input* perhitungan rumus *Taylor – Gauss* untuk paparan debu urea ke lingkungan.

Persamaan (1) dan (2) disederhanakan :

$$H_{eff} = (H_{prilling} + V_o^2 / 2 / g) = (H_{prilling} + V_o^2 / 2 / 9,8) = (H_{prilling} + V_o^2 / 19,6)$$

$$H_{eff} = (H_{prilling} + V_o^2 / 19,6) \dots\dots\dots 3)$$

Contoh kasus untuk perhitungan di *prilling tower* Kaltim-1 :

Tinggi *prilling tower* = $H_{prill} = 45,1867$ meter

Kecepatan debu emisi keluar *prilling tower* = $V_o = 13,73$ m/detik

Dari Persamaan (3) didapat :

$$H_{eff} = (45,1867 + 13,73^2 / 19,6) = 54,81 \text{ meter}$$

Jadi jarak tertinggi pada titik akhir konsentrasi debu urea = **54,81 meter**

Analog dengan perhitungan tersebut didapat rangkuman seperti pada **tabel-4.11**

D. Perhitungan Paparan debu urea ke lingkungan

Hasil H_{eff} dari perhitungan sebelumnya dipakai untuk menghitung jarak paparan yang menggunakan rumus *Taylor- Gauss* (Studi Amdal PT Pupuk Kaltim, 1991) sebagai berikut :

Rumus : *Taylor – Gauss*.

$$C(X,0,0) = \frac{Q}{u \times T_y \times T_z} e^{-0,5 \times (H_{eff} - \frac{V_s \times X}{100 \times u})^2 / T_z^2} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Q = Debit debu urea rata-rata, mg/detik

V_s = Terminal *settling velocity*, m/detik.

(*Perry's edisi 4*, hal 5-67, fig. 5-80, untuk suhu 70°F dan dp 1 mikron).

$C(X,0,0)$ = Consentration debu urea (mg/m³) yang jatuh sejauh X meter.

T_y = Koefisien dispersi *horizontal*, meter

T_z = Koefisien dispersi *vertical*, meter

Penyederhanaan :

$$V_s \times X$$

$$C(X,0,0) = \frac{Q}{u \times T_y \times T_z} e^{-0,5 \times ((H_{prilling} + V_0^2/19,6) - \frac{V_s \times X}{100 \times u})^2 / 0,5^2 X^2} \dots\dots\dots(5)$$

Jika harga-harga konstanta dimasukkan maka rumusnya menjadi :

$$C(X,0,0) = \frac{Q}{2,3708 \times 0,1X \times 0,1X} e^{-0,5 \times ((H_{prilling} + V_0^2/19,6) - \frac{0,305 \times X}{100 \times 2,3708})^2 / 0,01/X^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$C(X,0,0) = \frac{Q}{0,023708 \times X^2} e^{-50/X^2 \times (H_{prilling} + V_0^2/19,6 - 0,001286 \times X)^2}$$

Contoh kasus untuk perhitungan di *prilling tower* Kaltim-1

Debit debu urea rata-rata = $Q = 1.602,81 \text{ kg/hari} = 18.550 \text{ mg/detik}$

Tinggi prilling tower = $H_{prill} = 45,1867 \text{ meter}$

Kecepatan debu emisi keluar prilling tower = $V_0 = 13,73 \text{ m/detik}$

Dari penyederhanaan persamaan *Taylor – Gauss* tersebut didapat :

$$C(X,0,0) = \frac{18.550}{0,023708X^2} e^{-50/X^2(45,1867 + 13,73^2/19,6 - 0,001286X)^2}$$

$$C(X,0,0) = \frac{782.436,3}{X^2} e^{-50/X^2(54,81 - 0,001286X)^2}$$

Dengan iterasi (coba-coba) dimasukkan harga X sehingga diperoleh nilai $C(X,0,0)$ sebesar **10 mg/Nm³** atau **0,26 mg/Nm³** sesuai dengan **SK. Gubernur Kaltim No. 339 th. 1988 lamp. IV, Tentang baku mutu lingkungan untuk debu maksimum di pemukiman** yaitu sebesar **0,26 mg/Nm³** untuk waktu paparan 24 jam serta **SE-02/Men/78 Menakertranskop** yaitu sebesar **10 mg/Nm³** untuk waktu paparan 8 jam.

Dari persamaan tersebut setelah di kalkulasi didapat :

Untuk $C(X,0,0) = 0,26 \text{ mg/Nm}^3$, harga X (jarak paparan) = **1.693 meter**.

Untuk $C(X,0,0) = 10 \text{ mg/Nm}^3$, harga X (jarak paparan) tidak terjadi

Untuk $C(X,0,0) = 1,6 \text{ mg/Nm}^3$ kadar paparan terdekat di tanah = **548 meter**.

Analog dengan perhitungan tersebut didapat rangkuman seperti pada **tabel-4.11**, dan dibuatkan distribusi paparan seperti yang terlihat pada **gambar-4.8**.

Tabel-4.11 : Rangkuman hasil perhitungan paparan debu urea

Parameter	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
1. Tinggi menara pembutir, meter	45,1867	87,6	79	39	34,964
2. Jarak tertinggi debu, meter (H_{eff})	54,81	97,12	88,52	42,89	37,76
3. Jarak paparan sesuai SK Gubernur Kaltim, meter ($0,26 \text{ mg/Nm}^3$)	1693	1310	1194	442	502
4. Konsentrasi terdekat mencapai tanah, mg/Nm^3	1,60	0,38	0,38	0,27	0,37
5. Jarak pada butir (4), meter	548	971	885	429	378

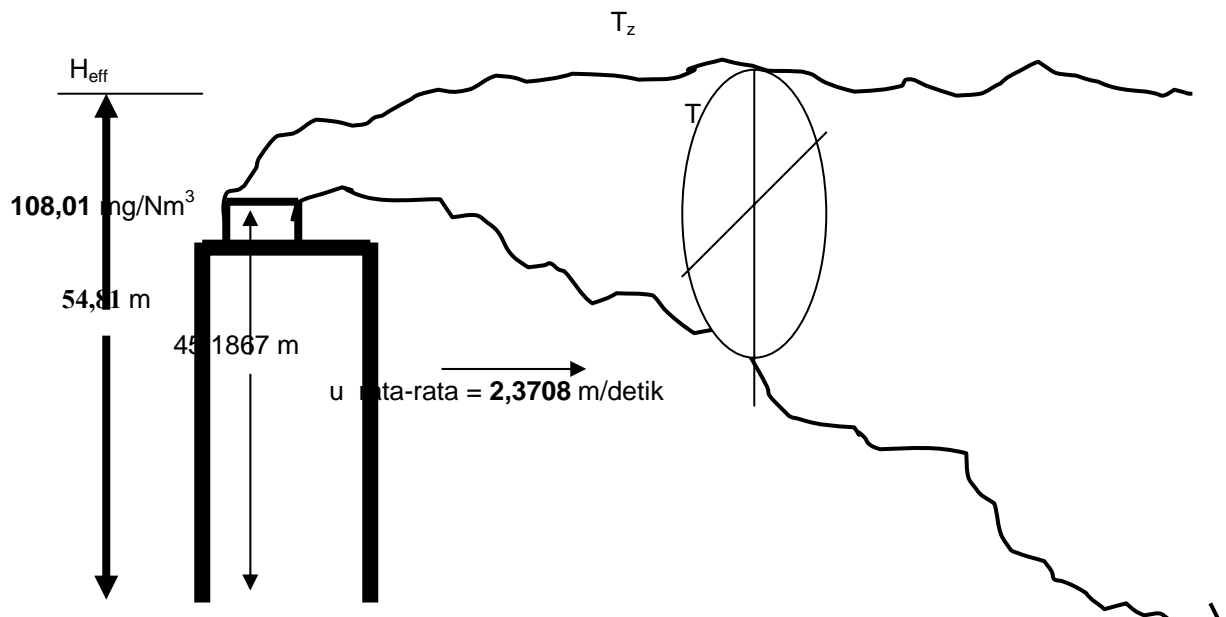
Penjelasan tabel-4.11 untuk kasus Kaltim-1 :

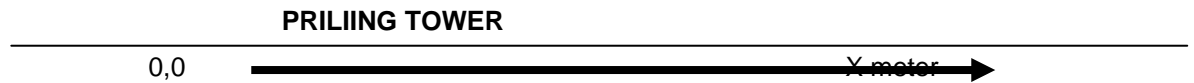
Tinggi *prilling tower* = 45,1867 meter.

Jarak semburan tertinggi keatas *prilling tower* sampai dasar *prilling tower* = 54,81 meter.

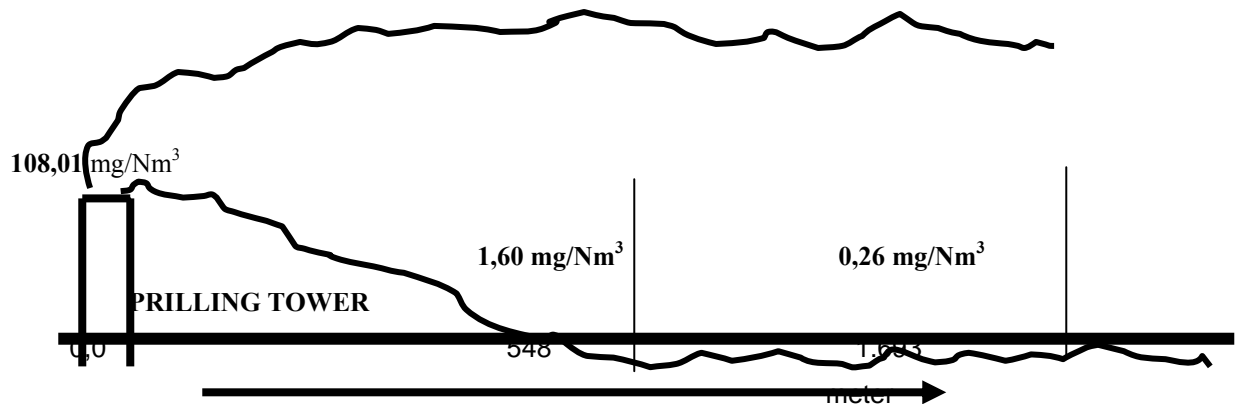
Jarak paparan pada konsentrasi $0,26 \text{ mg/Nm}^3 = 1693 \text{ meter}$; jarak ini belum mencapai ke pemukiman terdekat (desa Guntung).

Jarak paparan pada konsentrasi $1,6 \text{ mg/Nm}^3 = 548 \text{ meter}$; jarak ini merupakan jarak terdekat debu urea mencapai tanah.





Gambar-4.8 : Paparan debu urea *prilling tower* pabrik kaltim-1



Gambar-4.9 : Paparan debu urea pabrik kaltim-1 ke lingkungan

Keterangan : Konsentrasi terdekat mencapai tanah dicapai pada saat jarak paparan sejauh $10x$ dari H_{eff} (atau $H_{\text{eff}} = T_z = 0,1 X$)

Selama ini di PT.Pupuk Kaltim belum pernah melakukan pemantauan analisa debu urea di ambient di pemukiman maupun di perkantoran, karena hasilnya tidak akurat bahkan selalu mengarah penunjukkan kenilai *trace* , yang terdeteksi debu adalah debu jalanan. Demikian juga dari konsultan lingkungan seperti UGM, PT Tektone tidak melakukan pengambilan data primer untuk analisis debu urea, yang dilakukan dengan perhitungan teori. Dari tabel-4.11 tersebut dibuat profil paparan debu dilingkungan PT. Pupuk Kaltim yang di gambarkan pada peta seperti yang tercantum dalam **Lampiran-3**.

4.2. Uji mutu emisi debu urea terhadap Baku Mutu dan peringkat PROPER

Untuk kajian uji kualitas ini dilakukan dengan **metode statistik** . Dalam metode ini akan diuji kriteria ke-5 pabrik tersebut dari data primer untuk melihat sampai sejauh mana jika dibandingkan antar beban dari masing-masing unit sesuai standard PROPER. Namun oleh karena dari data primer bahwa untuk pabrik Kaltim-2, Kaltim-3, Kaltim-4 dan POPKA sudah teridentifikasi masuk katagori emas sesuai PROPER maka yang akan dilakukan uji mutu hanya Kaltim-1 saja, yaitu : Uji hipotesa terhadap hasil analisis tanggal 7 September sampai tanggal 2 Oktober 2006 untuk mutu emisi debu urea di Prilling tower pabrik Kaltim-1 apakah masuk peringkat HIJAU atau EMAS.

Uji kualitas ini dilakukan dengan menggunakan One sample T-Test dengan cara : file input SPSS untuk data primer, *click analyze, click compare means, click one-sample T-Test*, masukkan parameter data primer tanggal 7 September-2 Oktober 2006 emisi debu urea pabrik Kaltim-1, masukkan angka batasan peringkat emas untuk PROPER = 100 mg/Nm³, *click OK*, maka muncul hasil sebagai berikut :

Tabel-4.12 : One-sample Test data emisi debu Urea di pabrik urea Kaltim-1

One-Sample Test						
	Test Value = 100					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
PR1,mg/Nm3	4,841	9	,001	8,0130	4,2683	11,7577

Dari hasil pada tabel-4.12 tersebut dibuat pernyataan hipotesa sebagai berikut :

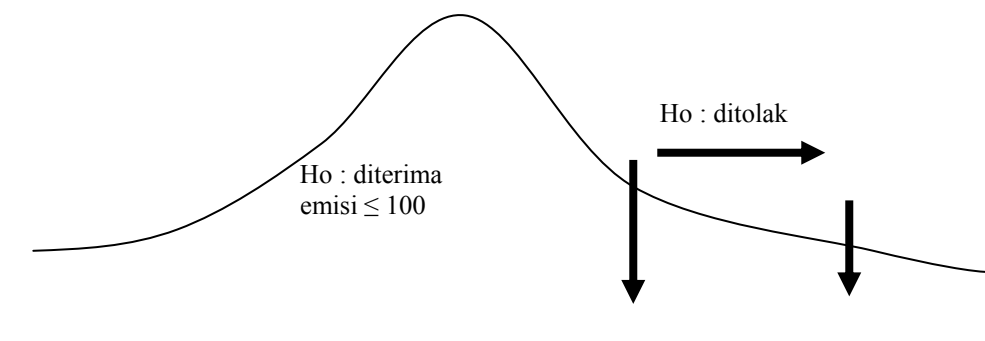
Ho : diterima jika nilai emisi ≤ 100

Ho : ditolak jika nilai emisi > 100

Jika t-hitung $\leq +$ t-tabel dengan tingkat kepercayaan 95% (alpha 0,05) maka Ho diterima, berarti nilai emisi masuk peringkat **emas**. Jika t-hitung $> +$ t-tabel dengan tingkat kepercayaan 95% (alpha 0,05) maka Ho ditolak, berarti nilai emisi masuk peringkat **hijau**.

Dari hasil perhitungan untuk 1-tailed nilai t-hitung (SPSS) = 4,841, untuk t-tabel dengan df = 9 dan tingkat kepercayaan 95% (alpha 0,05) adalah 1,833. Dengan demikian t-hitung = 4,841 $>$ t-tabel (= 1,833) maka Ho ditolak, berarti nilai emisi rata-rata masuk peringkat **HIJAU**.

Penggambaran *curve binominal* nya sebagai berikut :



$$t\text{-tabel} = 1,833 \quad t\text{-hitung} = 4,841$$



Gambar-4.10 : Curve T-Test 100 value mg/Nm³ emisi debu urea

Rangkuman dari uji hipotesa tersebut dihasilkan dalam bentuk matriks agar lebih mudah bagi manajemen untuk menentukan perlakuan terhadap masing-masing unit, matriks tersebut disusun dalam tabel-4.13 sebagai berikut :

Tabel-4.13 : Hasil perolehan peringkat PROPER dari data primer emisi debu urea

Nama Unit	Perolehan Peringkat
Kaltim-1	Hijau
Kaltim-2	Emas
Kaltim-3	Emas
POPKA	Emas
Kaltim-4	Emas

4.3. Analisis akibat emisi debu dari aspek ekonomi

Sesuai dengan maksud dan tujuan awal yang terungkap didalam judul Tesis bahwa pengelolaan debu urea ini menuju produksi bersih, oleh karena itu akan dilakukan kajian mengenai nilai tambah dari paparan debu urea ini ditinjau dari aspek ekonominya, untuk kalkulasi dari aspek ekonomi digunakan **metode analisis ekonomi** sedangkan untuk evaluasi kerusakan peralatan digunakan **metode analisis resiko**. Analisis aspek keekonomian dari paparan debu urea ini terdiri atas 2 aspek yaitu :

1. Aspek tambahan biaya preventif akibat dampak paparan debu urea
2. Aspek berkurangnya nilai tambah karena debu urea bisa di pungut ulang (*.recovery/reclaim*).

Kedua aspek tersebut sebenarnya merupakan nilai tambah bagi perusahaan yang nilainya mungkin cukup signifikan, maka nilai tambah tersebut akan di evaluasi sebagai berikut :

4.3.1. Aspek tambahan biaya preventif terhadap dampak paparan debu urea

Aspek tambahan biaya preventif terhadap dampak paparan debu urea ini adalah biaya untuk pemeliharaan pabrik tidak terjadi kerusakan yang dapat berakibat timbulnya kehilangan produksi bahkan

sampai timbulnya kecelakaan kerja. Sebagai contoh : debu urea merupakan material yang membuat korosi terhadap *support* (penopang peralatan) maka jika penopang tersebut terjadi korosi sehingga patah maka akan berakibat alat yang ditopang roboh, selanjutnya akan dapat terjadi kecelakaan dan kehilangan produksi.

Dalam pendataan biaya pengecatan ini diambil dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2005 (dapat dilihat pada **lampiran-4**), sebab Kaltim 4 mulai beroperasi komersiel pada tahun 2002. Dari rangkuman data pada lampiran-4 maka dapat dilihat jumlah biaya pengecatan untuk pabrik Kaltim-1, 2, 3, POPKA dan Kaltim-4 seperti tabel-4.14 berikut :

Tabel-4.14 : Rangkuman biaya pengecatan seluruh pabrik

PABRIK	TAHUN (Rp.)		
	2003	2004	2005
Kaltim-1	534.205.080	437.295.450	1.469.647.550
Kaltim-2	149.820.460	518.928.050	114.837.000
Kaltim-3	110.548.000	102.745.725	86.700.400
POPKA	21.835.400	84.880.150	102.589.400
Kaltim-4	93.563.650	177.610.770	167.768.050
	861.251.690	2.380.429.370	3.612.727.350

Sumber : Biro Inspeksi PT. Pupuk Kaltim.

Sebenarnya komposisi biaya pengecatan terdiri dari biaya untuk peralatan ***in-door*** dan biaya untuk peralatan ***out-door***.

Peralatan ***in-door*** yang berpotensi terjadi korosi karena paparan debu urea yang bukan berasal dari menara pembutir adalah : *galery*, motor-motor dan *support* di sepanjang *belt conveyor*, Pengecatan dilakukan setiap 4 tahun sekali. Sedangkan untuk peralatan ***out-door*** yang berpotensi terjadi korosi karena paparan debu urea yang berasal dari menara pembutir adalah : atap, sistim pemipaan, motor-pompa, alat penukar panas, tanki, reaktor, *support* di seluruh pabrik yang tidak dilindungi oleh atap. Pengecatan dilakukan setiap 2 kali *Turn Around* (TA) yaitu sekitar 2 tahun sekali atau sebesar 67% dari total. Selain itu luasan area yang di cat untuk peralatan ***out-door*** lebih luas yaitu sekitar 4 kali dari peralatan ***in-door*** atau sebesar 80% dari total.

Oleh karena itu di asumsikan bahwa biaya pengecatan peralatan ***out-door*** rata-rata setiap tahun sebesar $(67\% + 80\%)/2 = 73,5\%$ atau di bulatkan **75% dari total biaya pengecatan**. Perkiraan perhitungan total biaya pengecatan ini didasarkan atas profesional judgement dari pengalaman penyusun tesis.

Di asumsikan juga bahwa biaya pengecatan diambil nilai tertinggi dari nilai pengecatan setiap tahunnya, jadi yang dipakai adalah data pengecatan tahun 2005 sedangkan biaya pengecatan sebelumnya

hanya sebagai pembanding saja, sebab kenyataannya biaya pengecatan ini setiap tahun semakin meningkat karena :

- a. Harga material cat semakin mahal.
- b. Biaya preparasi dan ongkos pekerja juga semakin meningkat.
- c. Material yang terkorosi semakin banyak.

Dari asumsi-asumsi tersebut diperoleh nilai pengecatan setiap tahun adalah :

$$(75\% \times 3.612.727.350) = \text{Rp } 2.709.545.513 \text{ ,-}$$

Jadi nilai pengeluaran pengecatan setiap tahun sebesar **Rp 2,71 milyar setahun** adalah merupakan **tambahan biaya preventif** yang sebenarnya memungkinkan di kurangi.

Menurut pengalaman di pabrik-pabrik pupuk yang lain yang tidak berada di daerah pantai seperti PUSRI dan Kujang memang mengalami korosi material yang cukup berat di area urea dibandingkan di area amoniak. Sedangkan di PT. Pupuk Kaltim yang lokasinya di tepi pantai memang terindikasi korosinya lebih berat dibandingkan di tempat lain, namun terlihat jumlah sangat sedikit yaitu hanya terdapat di area *sea water pump* dan pelabuhan. Oleh karena disimpulkan bahwa penyebab dominan korosi peralatan disebabkan oleh paparan debu urea.

4.3.2. Aspek berkurangnya nilai tambah karena debu urea bisa di pungut ulang (*recovery/reclaim*)

Aspek berkurangnya nilai tambah karena debu urea bisa di pungut ulang (*recovery/reclaim*) adalah bahwa sebenarnya ada peluang untuk menambah nilai pendapatan jika debu urea tersebut dapat dipungut ulang. Untuk menghitung nilai debu urea tersebut jika di pungut ulang dapat digunakan data dari tabel-4.9 dan tabel-4.10. Dari data tersebut dan data pendukung lainnya jika debu urea yang dapat di pungut ulang sebesar 90% yaitu dari spesifikasi yang di inginkan untuk efisiensi peralatan 90% maka di peroleh angka-angka sebagai berikut :

- a. *Recovery/reclaim* debu urea yang terbuang dari pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA, Kaltim-4 = $90\% \times (1.602,81 + 1.192,42 + 990,49 + 164,81 + 176,61) = 3.714,43 \text{ kg/hari}$.
- b. Jika rata-rata pabrik beroperasi 330 setahun maka debu urea yang bisa di pungut ulang = $330 \times 3.714,43/1000 \text{ ton/tahun} = 1.225,76 \text{ ton/setahun}$.
- c. Jika harga urea US\$ 225/ton dan kurs 1 US\$ = Rp 9.200 ,- maka nilai tambah dengan melakukan pungut ulang (*recovery/reclaim*) sebesar :
 $1.225,76 \times 225 \times 9.200 \text{ Rp/tahun} = \text{Rp } 2,54 \text{ milyar/tahun}$.

Dari hasil perhitungan diatas, jika dilakukan pungut ulang (*recovery/reclaim*) terhadap debu urea maka akan di peroleh kembalian atau pendapatan sebesar Rp 5,25 milyar/tahun. (Rp 2,71 milyar/tahun + Rp 2,54 milyar/tahun).

4.4. Analisis kelayakan tambahan peralatan Urea Dust Scrubber, dari aspek Teknologi, Ekonomi dan Lingkungan

Untuk mendapatkan referensi jenis pengolahan debu urea yang akan dipakai dan memperoleh benefit yang baik maka dilakukan evaluasi dengan **metode analisis ekonomi** dan **metode perancangan proses**. Dalam melakukan kajian dengan metode perancangan proses maka dibawah ini dijelaskan tentang beberapa jenis peralatan pengolahan limbah yang bisa digunakan dan berpeluang untuk digunakan di pabrik pupuk.

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh debu urea maka perlu dipasang sistem penangkap debu urea yang dipasang di puncak *Prilling Tower*. Ada beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk sistim penangkap debu urea, sebagai contoh antara lain: *Wet Water Scrubber*, *Filter kantong*, *Cyclone* efisiensi tinggi, Pengendap debu, dan lain-lain. Oleh karena pertimbangan kendala-kendala di lapangan, maka penangkap debu urea dengan sistim *Water Scrubber* menjadi pilihan sistem yang paling mungkin untuk *Urea Dust Recovery System (UDRS)*.

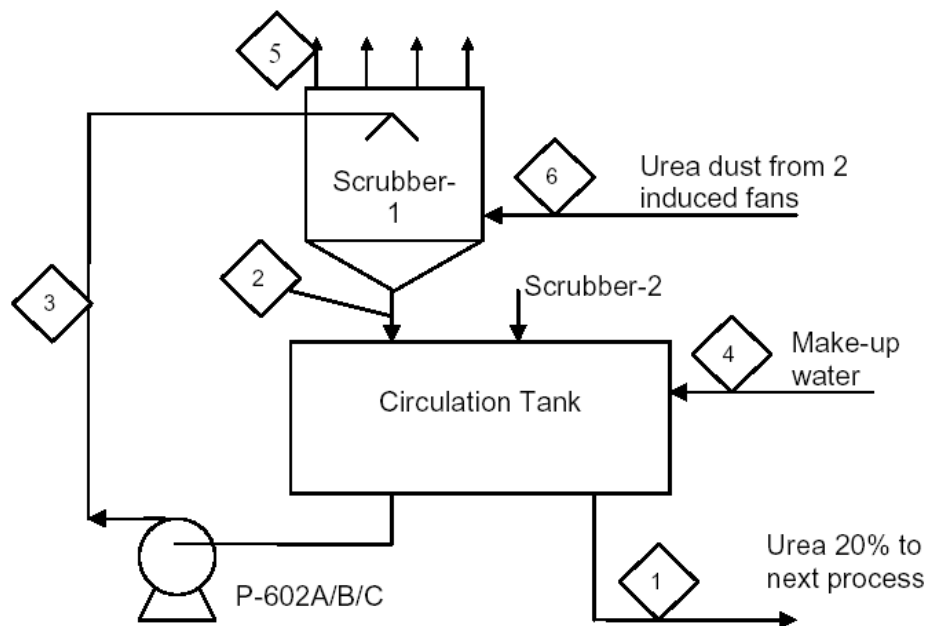
4.4.1. Mekanisme kerja dari sistem UDRS

a. Uraian Proses :

1. Umpan tiap-tiap scrubber di atur oleh dua kipas ID dari *Prilling Tower*. Udara dari *Prilling Tower* dimasukkan dengan *liquid sprayer* dari pompa sirkulasi didalam *scrubber*, *Honeycomb* dipasang didalam *scrubber* dengan maksud untuk memperluas kontak area.
2. Setelah menabrak, udara akan menuju puncak scrubber dan larutan akan dijatuhkan pada dasar *scrubber* karena gaya gravitasi.
3. Larutan yang *carry over* di udara akan ditangkap ke arah *demister* oleh masing-masing *by colliding liquid droplets* menjadi butir-butir liquid yang lebih besar , dimana butir-butir liquid yang lebih besar ini akan jatuh ke dasar *scrubber*.
4. Liquid yang dari *scrubber* dikumpulkan di tanki sirkulasi dan di sirkulasikan oleh pompa sirkulasi.
5. Sistim ini diharapkan untuk dapat memungut ulang (*recovery/reclaim*) dari 300 ppm ke 100 ppm maksimum.
6. Air yang digunakan sebagai penyerap adalah kondensat dari tangki kondensat, dengan suhu 97° C. Air akan dikumpulkan di tangki sirkulasi.
7. Setelah beberapa kali sirkulasi dengan konsentrasi larutan urea mencapai diatas 20% maka larutan tersebut di kirim ke urea *solution tank*.
8. Semua material yang dipakai disini adalah *stainles steel* (SS-304L).

b. Komponen-komponen Utama UDRS :

1. Dua unit *dust scrubber*, satu unit *liquid sprayer* yang dilengkapi dengan *honeycomb* dan *demister*.
2. Satu tanki sirkulasi, dua Pompa sirkulasi (satu *stand by*), dua pompa *make-upWater* (satu *stand by*).



Gambar-4.11 : Diagram alir proses *Urea Dust Recovery System*

Keterangan Gambar :

1. Urea 20% ke proses yang berikutnya
2. Larutan urea ke tangki sirkulasi
3. *Liquid-spray* ke *Scrubber*
4. Air umpan
5. Pengeluaran gas *Scrubber*
6. Debu urea dari *fan prilling tower*

4.4.2. Kajian Cost and Benefit

Perincian biaya untuk proyek meliputi biaya untuk : *feasibility study* dan *basic design* sebesar Rp 1 milyar, untuk *owner control cost* sebesar 3,49, sedangkan untuk pembelian alat dan konstruksi sebesar Rp 18,01 milyar sehingga jumlah biaya proyek sebesar Rp 22,5 milyar meliputi *engineering, procurement and construction*.

Perincian **pembelian alat dan konstruksi** dengan asumsi *kurs* 1 US\$ = Rp 9,200 ,- (data dari proyek UDRS) adalah sebagai berikut :

- a. Dua unit *dust scrubber* = US\$ 450,000 = Rp 4,14 milyar
- b. Satu tanki sirkulasi, 80 m³ = US\$ 45,000 = Rp 0,414 milyar
- c. Tiga Pompa sirkulasi, 600 m³/jam = US\$ 285,000 = Rp 2,622 milyar
- d. Dua pompa *make-up Water*, 17,6 m³/jam = US\$ 6,400 = Rp 0.059 milyar
- e. *Civil, electrical, instrumentation* dan material pemipaan = US\$ 399,000 = Rp 3,67 milyar
- f. *Constraction work* = US\$ 414,500 = Rp 3,813 milyar
- g. *Engineering, procurement & management services* = US\$ 357,807 = Rp 3,291 milyar

Dalam kajian-kajian ***Cost and benefit*** digunakan asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Asumsi bahwa karena yang dipasang hanya *Prilling Tower* Kaltim-1 saja maka perlambatan pengecatan hanya 60% dari total biaya pengecatan saja.
2. Asumsi rata-rata pabrik beroperasi 330 setahun maka debu urea yang bisa di pungut ulang (*recovery/reclaim*).
3. Asumsi harga urea US\$ 225/ton.
4. Asumsi biaya operasi :
 - a. Tenaga kerja = 0 (karena tidak ada penambahan tenaga kerja).
 - b. Kebutuhan air ~ 0 (karena semua air disirkulasikan ke sistim proses di unit urea termasuk *water make-up*).
 - c. Total kebutuhan listrik = 1216,2 kwh untuk menggerakkan pompa-pompa.

Rumus yang dipakai untuk menghitung motor pompa adalah dari M.W. Kellogg Co.(Branan,Carl:*The Process Engineer's Pocket Handbook*) sebagai berikut :

$$HP = G \times (\Delta P) / (17,15 \times Eff).$$

$$Eff = 80 - 0,2855 \times F + 3,78 \times 10^{-4} \times F \times G - 2,38 \times 10^{-7} \times F \times G^2 + 5,39 \times 10^{-4} \times F^2 - 6,39 \times 10^{-7} \times F^2 \times G + 4 \times 10^{-10} \times F^2 \times G^2$$

$$Kwh = HP \times EM \times 0,7455$$

Keterangan :

HP : *pump horse power*.

ΔP : beda tekanan pompa, psi

Eff : Effisiensi pompa, %

F : *head*, ft

G : Flow, GPM

EM : Effisiensi Motor

Dari rumus perhitungan tersebut diperoleh

Pompa sirkulasi ($600 \text{ m}^3/\text{jam}$, head 82,8 m ; *power* 116,72 kwh).

Pompa *make-up Water* ($17,6 \text{ m}^3/\text{jam}$, head 60 m ; *power* 4,77 kwh).

Pompa *blowdowns* ($4 \text{ m}^3/\text{jam}$, head 11,2 m ; *power* 0,14 kwh).

Jadi total power yang digunakan = 1216,2 kwh = 963,23 mw/tahun.

Oleh karena harga jual listrik dari PT. Pupuk Kaltim Yang dijual ke *Joint Venture Company* seharga US\$ 0.045/kwh maka biaya listrik pertahun = $963,23 \times 1000 \times 0,045 \times 9200 = \text{Rp } 400 \text{ juta} = \text{Rp } 0,4 \text{ milyar}$.

- d. Asumsi Biaya pemasangan UDRS untuk urea granul 75% dari urea pril karena jumlah peralatannya lebih sedikit, yang berbeda hanya pada panjang *duct* untuk aliran dari cerobong granulasi ke unit UDRS lebih pendek.

Dengan dasar perhitungan diatas ada dua kemungkinan yang dapat dipakai untuk merancang UDRS tersebut, yakni :

- a. Apabila pemasangan UDRS ini hanya untuk pabrik yang menimbulkan pencemaran tertinggi yaitu pabrik Kaltim-1 saja :
1. Nilai investasi peralatan : Rp 22,5 milyar.
 2. Kapasitas produksi 1602,81 kg/hari urea yang di *recovery/reclaim*.
 3. Nilai pengembalian dari pengecatan sebesar Rp 2,71 milyar/tahun.
 4. Kualitas *effluent* : produk urea.

Perhitungan :

Basis perhitungan 1 tahun :

Beaya Investasi = Rp 22,5 milyar

Nilai urea yang di *recycle* = $330 \times 1.602,81/1000 \text{ ton/tahun} = 530,64 \text{ ton/tahun}$

= $530,64 \times 225 \times 9.200 \text{ Rp/tahun} = \text{Rp } 1,1 \text{ milyar/tahun}$

Nilai *benefit* total = $(60\% \times \text{Rp } 1,1 + \text{Rp } 2,71) \text{ milyar/tahun}$

= Rp 3,7 milyar/tahun.

Nilai biaya operasional = Rp 0,4 milyar/tahun

Waktu Pengembalian = Nilai investasi dibagi keuntungan.

= $22,5 / (3,7 - 0,4) \text{ tahun} = 6,8 \text{ tahun}$

- b. Apabila pemasangan UDRS ini untuk keseluruhan dari 5 (lima) pabrik :

1. Nilai investasi peralatan : Rp 22,5 milyar setiap pabrik.
2. Kapasitas produksi adalah 90% dari *recycle* Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA, Kaltim-4, adalah sebesar 3.714,43 kg/hari urea yang di *recovery/reclaim*.
3. Nilai pengembalian dari hasil pungut ulang dan nilai pengecatan sebesar Rp 2,71 milyar/tahun + Rp 2,54 milyar/tahun = Rp 5,25 milyar/tahun.
4. Kualitas *effluent* : produk urea.

Perhitungan :

Beaya Investasi untuk pemasangan UDRS di Prilling Tower dan granulasi = (3 x Rp 22,5 + 75% x 2 x Rp 22,5) milyar = Rp 101,25 milyar
 Beaya operasional untuk 5 pabrik = 5 x Rp 0,4 milyar/thn = Rp 2 milyar/thn
 Waktu Pengembalian = Nilai investasi dibagi (keuntungan – beaya operasional)
 = 101,25 / (5,25 – 2) tahun = 31 tahun.

4.5. Pembahasan hasil penelitian

Pembahasan dari **hasil evaluasi** adalah melakukan bahasan terhadap :

1. Identifikasi penentuan data emisi debu urea yang di pakai untuk evaluasi hasil, yaitu data sekunder atau data primer.
2. Kajian paparan debu urea ke lingkungan.
3. Uji kualitas emisi debu urea pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4, dengan menggunakan program peringkat PROPER.
4. Kajian ekonomi lingkungan dan ***cost and benefit*** serta alternatif pemilihan proses ***Urea Dust Recovery System***.

4.5.1. Penentuan data emisi debu urea untuk evaluasi, antara data sekunder atau data primer

Dari hasil identifikasi data sekunder dan data primer ternyata terlihat ada perbedaan yang cukup signifikan dari kedua kelompok data tersebut yaitu :

- a. Data sekunder masih menggunakan faktor koreksi.
- b. Nilai standar deviasi pada data primer masih lebih baik dibanding data sekunder.
- c. Nilai rata-rata pada data primer hampir merata.

Dari hasil penilaian tersebut diatas maka lebih layak jika data yang dipakai untuk evaluasi hasil dengan menggunakan **data primer**, oleh karena itu dalam evaluasi hasil ini semua data yang dipakai adalah data primer.

Dalam evaluasi data primer ini pada gambar-4.6 dan gambar-4.7 terlihat bahwa hanya pada pabrik kaltim-1 yang hasilnya meragukan apakah pada posisi emas atau hijau pada kriteria PROPER, oleh karena itu identifikasi ini diuji kembali dengan menggunakan metode statistik (SPSS for Window versi 11.0).

Dari nilai perbandingan tersebut didapat hasil rangkuman seperti yang terlihat pada tabel-4.7 dan dalam tabel tersebut terlihat bahwa data primer lebih akurat dari pada data sekunder.

4.5.2. Kajian paparan debu urea ke lingkungan

Pada pembahasan ini terlihat pada tabel-4.15 bahwa :

1. Pada konsentrasi sesuai **SK. Gubernur Kaltim no. 339 th. 1988 lamp. IV, Tentang baku mutu lingkungan untuk debu maksimum di pemukiman** yaitu sebesar **0,26 mg/Nm³** untuk waktu paparan 24 jam ternyata jarak terjauhnya hanya mencapai 1693 meter dari Kaltim-1, padahal jarak pemukiman terdekat dari Kaltim-4 (desa Guntung) masih sekitar 2 km (lihat peta pada lampiran-4), hal ini menunjukkan bahwa paparan debu urea masih aman untuk pemukiman.
2. Pada konsentrasi sesuai **SE-02/Men/78 Menakertranskop, Tentang baku mutu lingkungan untuk debu maksimum di tempat kerja** yaitu sebesar **10 mg/Nm³** untuk waktu paparan 8 jam, ternyata tidak pernah tercapai di tempat kerja, karena pada konsentrasi tersebut walaupun dekat dengan sumber namun paparannya masih jauh di atas tanah.
3. Telah terjadi *over laping* paparan debu urea yang sudah mencapai tanah di area pabrik (lihat peta pada lampiran-4) sehingga dapat diketahui area-area yang menderita paparan paling banyak dan dapat diketahui pula tempat-tempat atau peralatan pabrik yang harus sering dilakukan pengecatan.

Tabel-4.15 : Hasil pembahasan paparan debu urea ke lingkungan

Parameter	Kaltim-1	Kaltim-2	Kaltim-3	POPKA	Kaltim-4
2. Tinggi menara pembutir, meter	45,1867	87,6	79	39	34,964
3. Jarak tertinggi debu, meter (H_{eff})	54,81	97,12	88,52	42,89	37,76
4. Jarak paparan sesuai SK Gubernur Kaltim, meter (0,26 mg/Nm ³)	1693	1310	1194	442	502
5. Konsentrasi terdekat mencapai tanah, mg/Nm ³	1,60	0,38	0,38	0,27	0,37
6. Jarak pada butir (4), meter	548	971	885	429	378
7. Jarak paparan sesuai SE-02/Men/78 Menakertranskop, meter (10 mg/Nm ³)	belum mencapai tanah	belum mencapai tanah	belum mencapai tanah	belum mencapai tanah	belum mencapai tanah

Penjelasan tabel-4.15 : penjelasan tabel ini seperti pada tabel-4.11 ; pada butir 7 menyatakan bahwa pada konsentrasi debu urea 10 mg/Nm^3 untuk ukuran satu mikron atau lebih kecil belum mencapai tanah, sedangkan ukuran debu yang lebih besar satu mikron memang sudah mencapai tanah namun konsentrasinya tetap belum mencapai 10 mg/Nm^3 .

Ditinjau dari aspek kesehatan maka paparan debu urea ini belum berpengaruh, hal ini diperlihatkan data sekunder pada tabel-4.16 mengenai pendapatan rumah sakit PT. Pupuk Kaltim untuk biaya berobat dari tahun 2003-2005. Dalam tabel tersebut tampak bahwa fluktuasi biaya pengobatan dari tahun ke tahun tidak ada perbedaan yang signifikan.

Tabel-4.16 : Rincian biaya pengobatan karyawan PKT di RSPKT dengan diagnosa ISPA tahun 2003-2005

BULAN	TOTAL BIAYA (rupiah)
Januari 2003	24.930.782
Pebruari 2003	19.835.188
Maret 2003	9.044.449
April 2003	7.928.847
Mei 2003	5.675.367
Juni 2003	11.054.129
Juli 2003	4.941.832
Agustus 2003	9.172.576
September 2003	9.762.375
Oktober 2003	31.157.365
Nopember 2003	12.000.606
Desember 2003	41.710.185
Januari 2004	14.811.882
Pebruari 2004	11.333.755
Maret 2004	10.643.634
April 2004	7.183.279
Mei 2004	8.589.807
Juni 2004	6.051.166
Juli 2004	2.254.967
Agustus 2004	6.159.780
September 2004	1.977.204
Oktober 2004	5.237.169
Nopember 2004	6.243.071
Desember 2004	4.538.299
Januari 2005	6.870.655
Pebruari 2005	6.511.417
Maret 2005	4.184.518
April 2005	7.413.066
Mei 2005	7.031.170
Juni 2005	4.458.659
Juli 2005	5.652.391
Agustus 2005	10.782.546
September 2005	3.338.236
Oktober 2005	8.311.591
Nopember 2005	10.404.801
Desember 2005	14.610.872

Sumber : Yayasan Rumah Sakit PT. Pupuk Kaltim.

Ditinjau dari aspek kesehatan dengan menggunakan rumusan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) maka untuk paparan debu urea pembahasannya sebagai berikut :

- a. Untuk membandingkan ISPU dengan paparan debu urea yang terjadi di area perkantoran tidak bisa dilakukan karena basis waktu paparan untuk ISPU adalah 24 jam, sedangkan area perkantoran normalnya hanya dihuni 8 jam. Oleh karena itu di area perkantoran digunakan baku mutu dari Menaker nomor **SE-02/Men/78**.
- b. Untuk membandingkan ISPU dengan paparan debu urea yang terjadi di area pemukiman terdekat adalah desa Guntung yang berjarak dari Kaltim-1 sejauh 2500 meter. Dengan rumus *Taylor-Gauss* diperoleh konsentrasi paparan dari pabrik Kaltim-1 pada jarak 2500 meter sebesar $0,1226 \text{ mg/Nm}^3$ atau sebesar $122,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ atau nilai ISPU nya antara 51-100 (Lampiran IV Kepdal no. 107/KABAPEDAL/II/1997).
Dari nilai ISPU tersebut jika dilihat pada lampiran III termasuk katagori sedang, ini artinya kualitas udara di desa Guntung terjadi "penurunan kualitas jarak pandang", belum mencapai kepada pengaruh kesehatan. Karena arah angin selama 24 jam berubah-ubah arah maka penurunan kualitas jarak pandang tidak signifikan.
- c. Jika di pabrik Kaltim-1 dipasang peralatan UDRS maka desa Guntung akan kembali normal dengan nilai ISPU antara 0-50.

4.5.3. Uji kualitas emisi debu urea pabrik Kaltim-1, Kaltim-2, Kaltim-3, POPKA dan Kaltim-4, menggunakan peringkat PROPER

Pada pembahasan ini seperti yang terlihat pada tabel-4.13 bahwa :

1. Telah terbukti dengan menggunakan metode statistik *hypotesis (SPSS for Window versi 11.0)* uji *T-Test value* ternyata kualitas emisi pabrik kaltim-1 masih jauh dibawah baku mutu sehingga termasuk katagori hijau dalam peringkat PROPER, dimana baku mutunya pada peringkat biru.
2. Keempat pabrik yang lain sudah mencapai peringkat emas.
3. Dalam kenyataan ini sebenarnya yang perlu ditingkatkan kinerjanya hanya Kaltim-1 saja, namun perlu dikaji kembali dalam pembahasan *cost and benefit*.

4.5.4. Kajian ekonomi lingkungan dan *Cost and Benefit* serta alternatif pemilihan proses *Urea Dust Recovery System*

Pada permasalahan ini yang akan dibahas adalah :

1. *Opportunity* penghematan pengeluaran dari pengecatan

Seperti dijelaskan pada sub bab-4.3.1. bahwa biaya pengecatan karena paparan dari debu urea ini cukup signifikan tinggi yaitu mencapai **Rp 2.709.545.513 ,-** yang setiap tahunnya akan semakin meningkat, hal ini dapat dilihat pada *trend* peningkatan biaya pengecatan tahunan.

Pengurangan debu urea yang terpapar akan mengurangi biaya pengecatan sebesar Rp 2,71 milyar/tahun.

2. Opportunity penambahan pendapatan dari hasil pungut ulang (*recovery/reclaim*) debu urea menjadi urea yang bisa dijual

Dari kajian jumlah debu urea yang terpapar dari Kaltim-1 ternyata terlihat bahwa debu urea di Kaltim-1 ini jika di pungut ulang (*recovery/reclaim*) cukup signifikan memberikan nilai pendapatan yaitu sebesar Rp 2,54 milyar/tahun.

3. Memberikan alternatif jenis peralatan dan pertimbangan optimalisasi pemasangan peralatan untuk pungut ulang (*recovery/reclaim*)

Ada beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk pemilihan sistem penangkap debu urea ini yaitu :

- a. **Jenis filter kantong** : Terkendala dengan seringnya ganti kantong karena debu urea sangat kecil butirannya dan higroskopis sehingga sering terjadi kebuntuan.
- b. **Jenis Cyclone efisiensi tinggi** : Terkendala dengan jumlah peralatan yang harus dipasang di puncak *prilling tower* sehingga menimbulkan beban yang berat di *prilling tower*, padahal kekuatan *prilling tower* sudah terbatas.
- c. **Jenis Pengendap debu** : Terkendala dengan ukuran partikel debu urea yang sangat kecil yang sulit untuk di endapkan oleh peralatan.
- d. **Jenis water scrubber** : Peralatan ini yang paling mungkin di pasang karena debu urea sangat mudah larut dalam air, selain itu peralatannya dapat di pasang di bawah.

Oleh karena pertimbangan kendala-kendala di atas, maka penangkap debu urea dengan sistem *water scrubber* menjadi pilihan sistem yang paling mungkin untuk *Urea Dust Recovery System* (UDRS) dengan jenis *water scrubber* .

4. cost and benefit analisis

Di tinjau dari *benefit* nya, pemasangan *Urea Dust Recovery System* ini akan :

- a. Menambah area pabrik dan perkantoran menjadi bersih dari pengotoran debu urea.
- b. Menambah umur peralatan.
- c. Meningkatkan citra perusahaan di masyarakat.
- d. Meningkatkan citra perusahaan dalam peringkat PROPER.

Di tinjau dari *cost* nya, pemasangan *Urea Dust Recovery System* ini akan :

- a. Menambah keuntungan jika hanya di pasang di Kaltim-1 saja, karena :
 - Konsentrasi debu urea di kaltim-1 signifikan tinggi, sehingga perolehan tambahan pendapatan cukup baik yaitu sebesar Rp 2,54 milyar/tahun.
 - Nilai penghematan pengecatan paling besar jika di bandingkan dengan nilai penghematan pengecatan akibat debu urea dari pabrik lain yaitu sebesar Rp 2,71 milyar/tahun.

- b. Mengurangi pengeluaran karena investasi tidak besar disebabkan hanya satu pabrik saja sehingga waktu pengembaliannya tidak lama yaitu hanya 6,8 tahun saja, nilai pengembalian ini masih layak karena pada umumnya umur ekonomis peralatan pabrik 15 tahun.

Bab V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, berdasarkan hasil evaluasi dan pembahasan diatas dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut :

1. Penggunaan Data untuk Evaluasi

Dari hasil evaluasi data primer yang dianalisis sebanyak 10 (sepuluh) sampel dan data sekunder yang diambil antara tahun 2004 sampai dengan 2005, ternyata hasil data primer lebih akurat dibandingkan dengan data sekunder. Hal itu terlihat dari *range* atau rentang data yang lebih sempit dan nilai standard deviasi yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk keperluan evaluasi selanjutnya dipergunakan data p rimer sebagai basis perhitungan

2. Paparan Debu Urea ke Lingkungan

Dari hasil perhitungan dan evaluasi paparan debu Urea yang keluar dari *Prilling Tower* Kaltim-1, Kaltim-2 dan Kaltim-3 serta *Granulator* Kaltim-4 dan Popka ke lingkungan sekitar, ternyata :

- a. Jumlah emisi debu Urea dari Kaltim-1 relatif paling besar dibandingkan dengan ke-4 pabrik lainnya.. Disamping itu jumlah emisi debu Urea dari *Prilling Tower* secara umum lebih besar dibandingkan dengan yang keluar dari Unit granulasi.

- b. Emisi debu Urea yang keluar dari seluruh pabrik Pupuk Kaltim tidak berpengaruh terhadap daerah pemukiman, karena dari hasil perhitungan secara teoritis nilainya sudah jauh dibawah nilai ambang batas baku mutunya.**
- c. Emisi debu Urea dari PT Pupuk Kaltim secara umum juga tidak banyak mempengaruhi tingkat kesehatan karyawan karena nilainya masih dibawah baku mutu.**
- d. Dari hasil peta paparan emisi debu Urea dapat diketahui area – area mana saja yang banyak terkena paparan debu Urea.**

3. Uji Mutu Emisi Debu Urea terhadap Standard PROPER

Dengan membandingkan dengan standar Program Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER), maka uji mutu emisi debu Urea data dengan metode statistik dapat diketahui peringkatnya, khususnya dalam pengelolaan emisi debu Urea, yaitu masing – masing : untuk Kaltim-1 mendapatkan peringkat Hijau sedangkan untuk Kaltim-2, Kaltim-3, Kaltim-4 dan Popka kesemuanya memperoleh peringkat Emas. Hal ini sejalan dengan program Pengelolaan Lingkungan Perusahaan secara keseluruhan yang akan meningkatkan peringkatnya dari yang sekarang Biru akan menjadi Hijau .

4. Evaluasi Ekonomi dan Analisis Kelayakan Peralatan *Urea Dust Scrubber*

- a. Paparan emisi debu Urea yang keluar dari seluruh pabrik ini telah menyebabkan kehilangan produksi Urea sebesar 1.226 ton**

setiap tahunnya atau senilai lebih dari Rp 2,54 Milyar pertahun.

- b. Disamping itu paparan debu Urea yang sangat korosif dilingkungan pabrik juga telah meningkatkan biaya pengecatan di pabrik sekitar Rp 2,71 Milyar per tahunnya.
- c. Untuk menurunkan jumlah paparan emisi debu Urea maka alternatif yang terbaik adalah dengan memasang *Urea Dust Recovery System* (UDRS) dengan jenis *Water Scrubber* mengingat keuntungan – keuntungan yang dimiliki dibandingkan dengan jenis – jenis sistem penangkap debu lainnya.
- d. Mengingat jumlah emisi debu Urea yang berbeda – beda yang keluar dari masing – masing pabrik, maka tingkat kelayakannyapun juga berbeda – beda pula. Apabila peralatan UDRS tersebut dipasang di Kaltim-1 saja, mengingat jumlah emisi debu Urea yang terbesar dibanding pabrik lainnya, maka pemasangan tersebut memiliki tingkat kelayakan ekonomi yang cukup baik, yakni dengan nilai investasi sebesar Rp 22,5 Milyar dengan waktu pengembalian sekitar 6,8 tahun. Namun apabila dipasang untuk seluruh pabrik akan memakan biaya investasi sebesar Rp 101,25 Milyar dengan lama pengembalian lebih dari 31 tahun sehingga tidak layak secara ekonomi.

5.2 Rekomendasi

Dari hasil penelitian, evaluasi dan pembahasan yang dilakukan secara mendalam, dalam rangka meningkatkan program pengelolaan lingkungan PT Pupuk Kaltim, khususnya untuk menurunkan jumlah emisi debu Urea, disarankan untuk memasang peralatan UDRS dengan jenis *Wet Water Scrubber*. Peralatan

ini cukup dipasang untuk pabrik Kaltim-1 saja, dengan pertimbangan bahwa jumlah emisi debu Urea di Kaltim-1 paling besar, sedangkan kondisi emisi debu dipabrik lainnya relatif masih baik. Disamping pemasangan UDRS untuk pabrik-pabrik yang lain tidak layak secara ekonomi.

Sebagai tindak lanjut, untuk penerapannya perlu dilakukan perencanaan yang lebih rinci untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan secara lebih akurat sehingga hasilnya akan memenuhi harapan yang diinginkan, antara lain melalui studi literatur, pengumpulan data pemantauan yang lebih lama serta mencari teknologi yang handal, efisien dan sesuai dengan kebutuhan.

Diharapkan dengan pemasangan UDRS ini akan semakin meningkatkan kualitas lingkungan pabrik PT Pupuk Kaltim. Disamping itu, usaha ini juga akan memberikan manfaat secara ekonomi bagi perusahaan, serta lebih jauh lagi akan dapat meningkatkan citra positif perusahaan terhadap masyarakat lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhusin, Syahri, MS, 2002, *Aplikasi Statistik Praktis dengan SPSS.10 For Windows*, Yogyakarta-Indonesia. Dosen Penelitian Universitas Tunas Pembangunan (UTP) Surakarta.
- Bapedal, *KEP-107/KABAPEDAL/II/1997, Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan pelaporan serta informasi Indeks Standar Pencemaran Udara*, Republik Indonesia.
- Branan, Carl, *The Process Engineer's Pocket Handbook*, Gulf Publishing Company, Book Division, Houston-Texas 77001, USA).
- Chao, George T.Y. , 1967 : *Urea Its Properties and Manufactur Handbook*, Chaos Institute 3014 Lark Wood St. West Covina California, page 7-8
- Chiyoda-Rekayasa, 1987. *Ammonia-Urea Project Operation Manual for PT. Pupuk Kalimantan Timur*.
- Gubernur Kaltim, *Surat Keputusan nomor 339 tahun 1988 lampiran. IV, Tentang baku mutu lingkungan untuk debu maksimum di pemukiman*, Republik Indonesia
- Eliassen, Rolf 1972, *Waste water Engineering : Treatment Disposal Reuse*, Second Edition. Cairman Of the Board Metcalf & Eddy, Inc.
- Kellogg, 1982. *Ammonia-Urea Project Operation Manual for PT. Pupuk Kalimantan Timur*.
- Kementerian Lingkungan Hidup, *Undang-undang nomor 23, 1997, Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup, *Program Peringkat Nasional*, 2003, brosur PROPERNAS, Republik Indonesia.
- Kementerian Tenaga Kerja, *Undang-undang nomor 1, 1970, Tentang Keselamatan Kerja*, Republik Indonesia
- Kementerian Tenaga Kerja, *Undang-undang nomor 23, 1970, Tentang Kesehatan*, Republik Indonesia.
- Kementerian Tenaga Kerja, 1978, *SE-02/Men/78 Menakertranskop*, Republik Indonesia
- Lund, Herbert F. , 1971, *Industrial Pollution Control Handbook*, Factory Magazine, President, Leadership Plus, Inc.
- Perry, Robert H. & Green, Don , Edisi 4 1988, *Perry's Chemical Engineers' Handbook* , Printed by Kosaido Printing Co., Ltd.
- PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, *laporan Tahunan*, 2002, buletin, Bontang
- PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, *Studi Evaluasi Lingkungan Kompleks Industri*, 1991, Dokumen AMDAL, Bontang
- Purwanto, *Produksi Bersih*, 2005, *Materi kuliah Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiarto, 2004, *Pola pendekatan pengelolaan Lingkungan (Carrying Capacity, end of pipe treatment, produksi bersih)* –, Internet

